10 Bde
Hist 3296
2T 144 N 4

UN... EK GENT

Digitized by Google

Digitized by Google

LEHRBUCH

der

CHEMIE

von

J. J. BERZELIUS.

Aus der schwedischen Handschrift des Verfassers übersetzt

von

F. WŒHLER.

Vierte verbesserte Original-Auflage.

Mit königl. sächsischem Privilegium.

Erster Band.

Mit zwei Kupfertafeln.

Dresden und Leipzig,

in der Arnoldischen Buchhandlung.

1835.

BOEKERIJ van de RIJKS HOOGESCHOOL
GENT
2010 — 25 AOUT 1917
BIBLIOTHÈQUE de L'UNIVERSITÉ de L'ÉTAT
À GAND

Vorrede.

Es ist keine leichte Sache, einen guten Plan für ein chemisches Lehrbuch zu entwerfen. Dieses hat einen ganz anderen Zweck, als das Handbuch, in welchem die strengste systematische Ordnung die Hauptsache ist. In dem Lehrbuche muss dagegen diejenige Ordnung aufgesucht werden, nach welcher die Wissenschaft am leichtesten begriffen und am besten im Gedächtnisse behalten wird.

Mehrere haben versucht, diese Ordnung so aufzustellen, dass nichts Unbeschriebenes eher erwähnt werden solle, als bis seine Beschreibung vorgekommen sei, und dass der Leser unaufhörlich von wohlbekannten zu unbekannten Materien geführt werde. Eine solche Ordnung ist in der Chemie unmöglich, und diejenigen, welche sie versuchten, haben dadurch nichts ausgerichtet. Die Aufmerksamkeit festet sich schwerer bei durchaus fremden Gegenständen, und der Bericht von dem, was nie die Neugierde gereizt hat, erweckt selten grosses Interesse. Die Materien, welche unter dem Studium der Wissenschaft ein und das andere Mal berührt wurden, und von welchen der Anfänger dadurch eine, wenn auch noch so unvollständige, Idee erlangt hat, interessiren bei ihrer vollständigen Beschreibung mehr, als diejenigen, welche durchaus neu sind. Beim Verfassen eines Lehrbuches ist es eine eben so wichtige Sache, wie in dem erzählenden Style der schönen Literatur, die Neugierde des Lesers zuvor zu spannen, ehe sie befriedigt wird. Wird dieser Endzweck erreicht, so kostet das Studium der Wis-

senschaft keine Mühe, wird er verfehlt, so kann es in eine mühevolle Arbeit umgewandelt werden, welche einen beharrlichen Vorsatz erfordert.

Die Ordnung, welche ich bei Abhandlung dieser Wissenschaft gewählt habe, ist nicht die vollkommen systematische. Ich habe diese in dem Falle aufopfern zu müssen geglaubt, wo diese Aufopferung grössere Leichtigkeit für den Anfänger mit sich führt.

Im Allgemeinen giebt es zwei Hauptmethoden für die Aufstellung der Wissenschaft in einem Lehrbuche. Entweder sucht man, so lange es ohne Nachtheil geschehen kann, dasselbe zu einer Zusammenstellung der Monographien von den einfachen Körpern zu machen, und sammelt, nach einer gewissen Ordnung, um nicht auf zwei oder mehreren Stellen einen zusammengesetzten Körper beschreiben zu müssen, die Verbindungen eines jeden in einem Zusammenhange. Diess ist, meiner Meinung nach, unläugbar die Form, nach welcher die Wissenschaft in den engsten Rahmen gefasst, und in welcher sie am besten dem Gedächtnisse eingeprägt werden kann.

Oder auch man handelt zuerst alle die einfachen Körper ab, und dann, nach einer gegebenen Ordnung, die Verbindung aller mit einem jeden besonders, hierauf die Verbindung dieser Verbindungen mit einander, und geht auf diese Weise von dem Einfachen zu dem mehr und mehr Zusammengesetzten über. Diese Methode scheint im ersten Augenblicke am besten alle Forderungen für ein Lehrbuch zu erfüllen. Ihre guten Eigenschaften bestehen hauptsächlich darin, dass man mit allen Elementen bekannt wird, ehe man einige Zusammensetzungen kennen lernt, und weil sie Verbindungen von einer Art beisammen beschreibt, z. B. die der brennbaren Körper mit Sauerstoff, so hat man Gelegenheit, dem Einzelnen eine allgemeine Beschreibung der gemeinschaftlichen Charaktere der oxydirten Körper vorausgehen zu lassen, und diese allgemeine Auseinandersetzung der gemeinschaftlichen Eigenschaften einzelner Klassen der Körper ist gerade dasjenige, was das Lehrbuch charakterisirt, und welches das eigentlich Wissenschaftliche in sich trägt.

Auf der andern Seite ist es gleichwohl von keiner Wichtigkeit für denjenigen, welcher in das Gebiet der Wissenschaft tritt, dass er sogleich mit allen den Stoffen bekannt werde, welche die Wissenschaft für Elemente anzunehmen genöthigt ist. Viele davon sind sowohl selten, als auch von geringem Interesse, und die Beschreibung der Art ihrer Darstellung in isolirtem Zustande verlangt schon einen nicht unbedeutenden Vorrath von Kenntnissen, wenn ihr gefolgt und wenn sie verstanden werden soll. Dagegen kommen andere von diesen Elementen sehr allgemein vor, und mehrere von ihren gegenseitigen Verbindungen bilden die vorzüglichsten Mittel, deren man sich in der Chemie bedient, um Erscheinungen oder Verbindungen hervorzubringen, um Zusammensetzungen zu trennen oder zu bewirken. Und mit diesen muss man sich zuerst bekannt machen. Die Luft, das Wasser, und die Bestandtheile dieser, der Schwefel und der Phosphor mit ihren Säuren, Salpetersäure, Chlor und seine Säuren, die Alkalien und Erden, sind Körper, mit welchen man vorzugsweise vor den andern bekannt werden muss, und deren Kenntniss für jeden neuen Schritt erforderlich ist, welchen man in der Wissenschaft weiter machen will. Dagegen würde man eine ganz klare und ausgedehnte Kenntniss vom theoretischen Theile der Wissenschaft haben, und dabei mit zwei Dritttheilen der Metalle ganz unbekannt sein können.

Die letztere Anfstellungsart hat ausserdem den Uebelstand, dass sie die Thatsachen über ein weiter ausgedehntes Feld ausstreut, oder dass sie dieselben, um mich des schon gebrauchten Gleichnisses zu bedienen, in einen zu weit ausgestreckten Rahmen fasst. Es ist im Allgemeinen oft der Fall, dass ein grosser Theil von Thatsachen im Zusammenhang mit andern ein Interesse erlangt, welches sie für sich selbst nicht in demselben Grade besitzen, und es ist eine grosse Kunst, jede Thatsache an der Stelle anzuführen, wo sie die grösste Aufmerksamkeit erregt. Bei der beständigen Trennung derjenigen Verbindungen, welche ein und derselbe Körper giebt, wird das Register, durch welches sie zusammengestellt werden müssen, öfters einer der wesentlichsten Theile

des Buches, und es geschieht oft, dass die Beschreibung eines Körpers in dem Augenblicke abgebrochen wird, in welchem sie das grösste Interesse zu erwecken angefangen hat, um dann lange nachher in einem anderen Abschnitte wieder aufgenommen zu werden, nachdem der Eindruck geschwächt oder verschwunden ist. Wenn man ausserdem in Lehrbüchern, welche nach dieser Methode aufgefasst sind, die Beschreibung von z. B. dem einen Oxyde nach dem andern liesst, so theilt sich die Aufmerksamkeit unter eine grosse Menge von Gegenständen von ungefähr gleichem Interesse, welche nicht durch eine solche Grundidee verbunden werden, wie z. B. das Radical ist, in allen seinen Verbindungen mit einzelnen Körpern.

In gegenwärtiger Arbeit habe ich die guten Seiten der zuletzt angeführten Aufstellungsmethode mit dem zuerst angeführten Principe für die Anordnung zu vereinigen gesucht. Ich habe, nach Abhandlung von Licht, Wärme und den elektrischen und magnetischen Kräften (eine Entleihung aus dem Gebiete der Physik, ohne welche das Studium der Chemie nunmehr unmöglich ist), die Chemie eingetheilt in die unorganische und die organische. Die fünf ersten Theile beschäftigen sich mit der unorganischen Chemie, welche in zwei Hauptabtheilungen zerfällt, in die der Metalloïde und die der Metalle.

Die Metalloïde sind gerade die am allgemeinsten vorkommenden Körper, deren Kenntniss zuerst nothwendig ist. Es ist darunter begriffen Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Schwefel etc. etc., so wie deren gegenseitige Verbindungen. Ich habe eine solche Ordnung beobachtet, dass man bei einem jeden die Verbindungen angeführt findet, welche es mit den vorhergehenden bildet. Um aber hierbei nicht die Gelegenheit zur Mittheilung allgemeiner theoretischer Ansichten zu verlieren, so habe ich ihre Oxyde und ihre sauren Verbindungen mit Wasserstoff besonders abgehandelt, wobei die Artikel: Atmosphärische Luft, Wasser, Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren, die Gelegenheit zur Mittheilung allgemeiner Begriffe geben, welche bei einer strengen Befolgung des

Aufstellungs-Principes nicht zu erhalten gewesen wäre. Nach diesen folgen die Metalle; ein allgemeiner Ueberblick über dieselben und ihre Verbindungen mit den Metalloïden hat mir Gelegenheit gegeben, ausführlich die allgemeinen Bemerkungen über Salzbasen, Metalloxyde, über Schwefel-, Phosphor-, Kohlenstoff-, Arsenik- etc. Metalle, so wie die Lehre von den Salzen und die dazu gehörigen allgemeinen theoretischen Begriffe, zu geben. Hierauf folgen die einzelnen Metalle, und zwar zuvörderst diejenigen, deren Bekanntschaft zuerst erforderlich ist, d. h. die Radicale der Alkalien und Erden, so wie deren Verbindungen mit den Metalloïden. Dass ich unter den alkalibildenden Metallen und den Alkalien Ammonium und Ammoniak aufgeführt habe, bedarf wohl, wie ich hoffe, selbst aus dem Gesichtspunkte, dass Ammonium kein einfacher Körper ist, weiter keiner Apologie.

Nach diesen folgen die Metalle, welche Säuren bilden, in der Ordnung, in welcher ihre Säuren weniger sauer werden; und hierauf die Metalle, welche Salzbasen bilden, ungefähr in der Ordnung, in welcher ihre Oxyde stärkere Salzbasen werden.

Die Salze machen eine Abtheilung für sich aus. Sie sind nach den Basen klassificirt. — Dass ich zu den Salzen noch Kochsalz, Flussspath, Hydrothionkalium u. a. rechne, wird hoffentlich hinreichend durch die Gründe gerechtfertigt werden, welche ich darüber an ihrem Orte angeführt habe.

Ich habe bis dahin in dem Lehrbuche selten und nur im Vorbeigehn die chemischen Proportionen berührt. Ich habe hier und da die elektrochemische Theorie angedeutet, dieselbe aber nicht entwickelt. Diese beiden wichtigen Lehren enthalten noch so viele Vermuthungen, dass ich sie nicht eher in ihrer ganzen Ausdehnung darstellen wollte, als bis der Leser hinlänglich mit den Körpern bekannt wäre, um selbst an der Prüfung Theil nehmen zu können. Ich habe daher die vollständige Auseinandersetzung dieser Lehren bis nach Abhandlung der Gegenstände der unorganischen Chemie aufgespart. Indessen habe ich bei den einfachen Körpern das Gewicht ihres Atoms angegeben, und habe bei den meisten zu-

sammengesetzten Körpern angeführt, aus welchen einfachen Atomen und aus wie vielen derselben ihr Atom zusammengesetzt ist. Der Leser möge diess vorläufig nur als eine blosse Gedächtnisssache betrachten, bis er sich Kenntnisse genug verschafft hat, um der Erörterung der Gründe folgen zu können, auf welchen die Lehre von den relativen Gewichten der Atome errichtet ist. Nur in wichtigeren Fällen habe ich die Zusammensetzung der Körper in Zahlen angegeben; sie befestigen sich selten im Gedächtnisse, und lassen sich nur unbequem in der Reihenfolge eines Berichtes aufsuchen. Statt dessen habe ich in einer Tabelle, welche alphabetisch und nach einer lateinischen chemischen Nomenclatur angeordnet ist, deren Principien im Artikel: Nomenclatur, im letzten Theile entwickelt sind, die Anzahl der Atome, die Atomgewichte und die procentische Zusammensetzung von grösstentheils den unorganischen Körpern gegeben, welche der Gegenstand von Berechnungen werden. Ich halte diese für die einzige passende Art, die Zusammensetzungs-Proportionen anzugeben, nachdem ich in so vielen neueren Arbeiten gefunden habe, dass die Zahlen nicht allein einen grossen Theil des Raumes im Buche wegnehmen, sondern mir auch schienen die Hauptsache werden zu wollen, während die übrige Geschichte der Körper als Nebensache behandelt wird.

Im sechsten und siebenten Theil ist die Pflanzenchemie abgehandelt.

Der achte Theil umfasst die Thierchemie.

Der neunte Theil ist ein alphabetisch geordnetes Verzeichniss von Beschreibungen chemischer Operationen und Geräthschaften nebst deren Abbildungen, und von Erklärungen chemischer Kunstwörter. Er enthält ausserdem eine Anleitung zur chemischen Analyse. Ich habe mir vorgestellt, dass der Anfänger beim Lesen des Buches auf ein nicht genau erklärtes Kunstwort stossen, und dann unwillkührlich von seinem Lehrer eine nähere Unterrichtung darüber verlangen könne; mangelt ihm dann die Gegenwart des Lehrers, so wird der Anfänger, hoffe

ich, nicht ohne Nutzen dieses Wörterbuch um Rath fragen können. Es enthält ausserdem die Beschreibungen von allgemeineren chemischen Arbeiten, womit die älteren Lehrbücher gewöhnlich angefangen wurden, z. B. Abdampfen, Destilliren, Filtriren, Wägen u. s. w.; ich habe darin, ausser dem, was ich von Andern sammelte, die Frucht der Erfahrung niederzulegen gesucht, welche mir eigne Arbeiten verschafft haben, nnd ich hoffe, darin manche Wegweisung für diejenigen gegeben zu haben, welche sich einmal mit der praktischen Chemie beschäftigen wollen.

Die Geschichte der Wissenschaft, so interessant sie auch ist, macht doch keinen wesentlichen Theil von der Wissenschaft selbst aus. Sie hat daher keine Stelle in diesem Lehrbuche erhalten. Ich habe indessen die Geschichte merkwürdigerer Theorien angeführt, ich habe erwähnt, wann und von wem diejenigen Körper entdeckt worden sind, welche wir nicht seit Alters her kennen, und ich habe gesucht, den ausgezeichneten Talenten Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, welche zur Umschaffung oder Erweiterung der Wissenschaft beigetragen haben, so wie denjenigen, durch deren Wirksamkeit sie noch immer erweitert wird; aber ich habe nicht mit der ängstlichen Genauigkeit, welche dem Geiste der gegenwärtigen Zeit eigen zu sein scheint, bei Erwähnnng neu hinzugekommener, weniger wichtiger, wiewohl immer interessanter Beobachtungen, den Namen des Chemikers genannt, dem man sie zu verdanken hat. Diess, so wie die Citationen der Schriften, aus welchen die einzelnen Thatsachen zusammengetragen sind, kommt ganz und gar dem Handbuche zu, welches das Promemoria des ausgebildeten Chemikers ist; sie interessiren aber nicht die Wissenschaft, welche der ausschliessliche Gegenstand des Anfängers und folglich auch des Lehrbuchs ist.

Der Werth eines Lehrbuchs beruht ausser auf der Ordnnng in den Gegenständen, auch auf der Weise, anf welche sie vorgetragen werden. Ich habe mich bestrebt, in der Darstellung so dentlich zu sein, als es mir möglich gewesen ist, und ich habe, besonders im Anfange, mir vorgestellt, dass der Leser keine vorhergegangene

Kenntniss von eigentlicher Chemie habe. Einige physikalische Kenntnisse musste ich voraussetzen. Ich habe vorzugsweise den erzählenden Styl gewählt, sorgfältig die häufigen Unterbrechnngen und Unterabtheilnngen vermieden, welche die Beschreibung eines jeden Körpers gleichsam zu einer Anfüllnng eines gedruckten Formulars machen, und ich habe, so viel als möglich war und es die Natnr der Materie zuliess, das Lehrbnch zu einer unterhaltenden Lectüre zu machen gesucht.

Seit dem Erscheinen der vorletzten Ausgabe dieses Lehrbuchs und deren Uebersetzung in's Französische, ist die Wissenschaft in dem Grade fortgeschritten, und sind demnach so grosse Veränderungen und Zusätze nothwendig geworden, dass die Ausgabe, welche ich hiermit dem Publikum übergebe, als eine gänzliche Umarbeitnng jener zu betrachten ist.

Stockholm, im Septbr. 1835.

J. J. Berzelius.

Inhalt des ersten Bandes.

	Seite
Begriff der Chemie.	3
Eintheilung der Körper.	3
Von den kleinsten Körpertheilchen und den Kräften, durch welche sie zusammengehalten werden.	3
Atome.	4
Isomorphe Körper.	5
Dimorphe Körper.	6
Isomerische Körper.	6
Polymerische Körper.	7
Metamerische Körper.	7
Cohäsionskraft.	7
Chemische Verwandtschaft.	8
UNWÆGBARE STOFFE.	11
Licht und Wärme.	11
Zertheilung der Sonnenstrahlen.	13
Licht.	18
Farben der Körper.	18
Brechung der Lichtstrahlen.	19
Photometer.	21
Chemische Wirkung des Lichts.	23
Emanations-Theorie.	24
Oscillations-Theorie.	26
Wärme.	29
Strahlende Wärme.	31
Leitung der Wärme, Wärmeleiter.	34
Leitung der Wärme in Flüssigkeiten.	35
Ausdehnung der Körper durch Wärme.	36
Thermometer.	37
Pyrometer.	41
Gränze der Temperatur.	43
Schmelzung.	43
Sieden.	44
Verdunstung.	47
Begriff von Gas.	48
Gebundene oder latente Wärme.	48
Permanente Gase.	49
Coërcible und unbeständige Gase.	50
Dämpfe.	51
Repulsion durch Wärme zwischen ungleichart. Körpern.	53

Seite
Specifische Wärme. 55
Calorimeter. 56
Wärme durch Reibung und Druck. 61
Künstliche Kälte-Erzeugung. 64
Natur der Wärme. 69

Elektricität. 70
Positive und negative Elektricität. 71
Elektrische Anziehung und Abstossung. 73
Elektroskop. 73
Leiter und Nichtleiter der Elektricität. 74
Frictions-Elektricität. 74
Elektr. Funke. 75
Ausströmen der Spitzen. 76
Elektrisirmaschine. 76
Elektr. Schlag. 78
El. Flasche u. Batterie. 79
Mechanische Wirkung des Funkens. 81
Verhalten der El. im leeren Raum. 82
Elektrophor. 85
Condensatoren. 87
Erregung der Elektricität durch Temperatur-Aendcrung. 89
Contacts-Elcktricität. 91
El. Säulen aus Nichtleitern. 92
El. Säulen aus Halbleitern. 93
Elektricitäts-Erregung durch Contact zweier Metalle mit einem flüss. Leiter. 96
Volta'sche Säulen. 98
Becher- und Trog-Apparate. 101
Hare's Calorimotor. 103
Die beiden Dimensionen der Säule. 107
Veränderung der Flüssigkeit in der Säule. 109
Entladungs-Erscheinungen der Säule. 112
a. Die physikalischen. 112
b. Die chemischen. 116
Bleibende Polarität bei metall. Leitern. 120
Bewegungs-Phänomene. 121
Unipolare Leiter. 124
Geschichte der Contacts-Elektr. 125
Erregung der Elcktricität in den Wolkcn. 131
Elektricitäts-Erregung bei gewissen Fischen. 133

Magnetismus. 134
Magnetische Polarität. 135
Magnetische Zertheilung. 137
Magnetisiren des Stahls. 137
Erdmagnetismus. 139

	Seite
Inclinationsnadel.	141
Magnetnadel.	142
Abweichung ders.	142
Chemische Wirkung der magnet. Polarität.	143
Elektromagnetismus.	145
Magnet. Polarität elektr. Entlader.	146
Verstärkung ders. durch Spiraldräthe.	148
Elektromagnetischer Multiplicator.	149
Magnetisiren durch den elektr. Strom.	150
Elektromagnetische Rotationen.	151
Erklärung der elektromagnet. Erscheinungen.	154
Thermoelektrische Erscheinungen.	155
Thermoelektr. Reihe.	156
Thermoelektr. Thermoskop.	158
Rotations-Magnetismus.	161
Magnetischer Funke.	161
WÆGBARE EINFACHE STOFFE.	162

UNORGANISCHE CHEMIE.

Metalloïde.	165
I. Sauerstoff.	165
Verbrennung, Feuer, Oxydation.	173
Oxyde.	177
1) Suboxyde.	178
2) Oxyde.	178
a) Salzbasen.	178
b) Säuren.	179
3) Superoxyde.	179
Atomgewicht des Sauerstoffs.	180
II. Brennbare Körper.	182
1. Wasserstoff.	183
Atomgewicht.	187
Verbrennung des Wasserstoffs.	187
Wasser.	196
Aëronautik.	196
Anwendung d. W. zur Versetz. gewisser Verbindungen.	199
2. Stickstoff.	200
Oxydation des Stickgases.	203
Atomgewicht.	204
Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff.	205
3. Schwefel.	207
Atomgewicht.	212
Sulfide und Schwefelbasen.	212
Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff.	212
4. Phosphor.	214
Atomgewicht.	219

		Seite
	Oxydation und Leuchten des Phosphors.	219
	Phosphorwasserstoff.	223
	Schwefelphosphor.	229
5.	Chlor.	230
	Atomgewicht.	234
	Oxydationsstufen.	234
	Chlorwasserstoff.	234
	Chlorstickstoff.	235
	Chlorschwefel.	239
	Chlorphosphor.	240
	Chlor-Schwefel-Phosphor.	244
	Chlor mit Wasser.	245
	Bleichung und Räucherungen mit Chlor.	247
6.	Brom.	249
	Atomgewicht.	252
	Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff.	253
	Bromschwefel.	253
	Bromphosphor.	253
	Chlorbrom.	254
	Brom und Wasser.	254
7.	Jod.	254
	Atomgewicht.	258
	Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff.	258
	Jodstickstoff.	258
	Jodschwefel.	260
	Jodphosphor.	260
	Chlorjod.	261
	Bromjod.	262
	Jod und organische Stoffe.	263
8.	Fluor.	264
	Atomgewicht.	265
	Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff.	265
	Fluorschwefel, Fluorphosphor.	266
	Allgemeine Betrachtungen über Chlor, Brom, Jod und Fluor.	266
9.	Kohlenstoff.	269
	Diamant.	269
	Graphit. Anthrazit. Coaks. Holzkohle.	271
	Thierische Kohle.	272
	Fällung aufgelöster Materien durch Kohle.	274
	Absorption von Gasen durch Kohle.	281
	Atomgewicht des Kohlenstoffs.	285
	Oxydation des Kohlenstoffs.	285
	Kohlenwasserstoff.	287

	Seite
Gasbeleuchtung.	293
Cyan.	296
Verbindungen mit Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel.	299
Chlorcyan.	300
Bromcyan.	304
Jodcyan.	304
Stickstoff-Kohle.	304
Schwefelkohlenstoff.	306
Phosphorkohlenstoff.	312
Chlorkohlenstoff.	312
Bromkohlenstoff.	317
Jodkohlenstoff.	318
10. Bor.	320
Oxydation.	322
Atomgewicht.	323
Schwefelbor.	323
Chlorbor.	324
Fluorbor.	325
11. Kiesel.	325
Atomgewicht.	330
Oxydation.	330
Schwefelkiesel.	331
Chlorkiesel.	332
Bromkiesel.	333
Fluorkiesel.	334
Kohlenstoffkiesel.	334

Die Metalloïde mit Sauerstoff und Wasserstoff, ihre Oxyde, Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren.

Die Atmosphäre.	335
Horizontale Begränzung der dampfförmigen Körper in der Luft.	335
Begränzung und Höhe der Atmosphäre.	336
Ebbe und Fluth ders.	337
Zusammensetzung ders.	337
Gewicht ders.	339
Ausdehnungsvermögen ders.	341
Temperatur ders.	342
Verbrennung in der Luft.	342
Natur der Flamme.	343
Verdorbene Luft.	348
Gegenseitige Durchdringung der Gase.	349
Die Luft ist kein Stickstoffoxyd.	350
Ersetzung des Sauerstoffs in der Luft.	350
Farbe der Luft.	352
Eudiometrie.	353

	Seite
Wasser.	
Zusammensetzung und Bildung	357
Eis	361
Elasticität des Wassers	363
Grösste Dichtigkeit	364
Wassergas	368
Verdunstung	370
Tension des Wassers	374
Luftfeuchtigkeit	380
Hygrometrie	382
Vorkommen des tropfbarfl. Wassers in der Atmosphäre	386
Wolken und Regen	388
Schnee	393
Hagel	394
Nebel	395
Thau	395
Regenwasser	398
Vorkommen des tropfbarfl. Wassers auf dem Erdboden	399
Quellen	399
Meerwasser	404
Destillirtes Wasser	407
Wasserstoffsuperoxyd	408

Befeuchtung	416
Auflösung	417
Krystallisation	420
Krystallwasser	423
Verwittern	425
Deliquesciren	426
Effloresciren	426
Auflösung der Gase in Wasser	428

LEHRBUCH DER CHEMIE,

von

J. Jacob Berzelius.

Erster Band.

Die Chemie ist die Wissenschaft, welche uns die Zusammensetzung der Körper und ihr Verhalten zu einander kennen lehrt.

Erst in neuerer Zeit hat sie sich zur Wissenschaft gestaltet, und ihre erste Entwickelung verdankt sie grossentheils den früheren Versuchen, Gold zu machen. Der Name Chemie ist arabischen Ursprungs *). In früherer Zeit gebrauchte man dafür das Wort Alchemie, worunter man gegenwärtig nur die vorgebliche Kunst, Gold zu machen, versteht. Al ist der arabische Artikel; Alchemie heisst daher so viel als die Chemie.

Die Chemie ist die Grundlage mehrerer Wissenschaften, Künste und vieler Gewerbe. Unter allen Wissenschaften ist sie die für das Leben anwendbarste.

Von den kleinsten Körpertheilchen und den Kräften, durch welche sie zusammengehalten werden.

Die ganze uns umgebende Welt, mit allen, bis in's Unendliche von einander verschiedenen Körpern, woraus sie gebildet ist, besteht aus einer unbedeutenden Anzahl einfacher Stoffe, welche durch eigenthümliche Kräfte, die man Verwandtschaften nennt, in mannigfaltigen Verhältnissen mit einander vereinigt sind.

Die sämmtlichen Körper unseres Planeten theilen wir in einfache und in zusammengesetzte ein.

1) Einfache Körper nennen wir diejenigen, von denen wir mit Zuverlässigkeit zu wissen glauben, dass sie nicht zu-

*) Manche leiten das Wort Chemie vom griechischen *Χυμὸς*, Saft, ab. Andere glauben, es sei ägyptischen Ursprungs, und leiten es von chema, verborgen, her.

zusammengesetzt sind, und die wir überall als Bestandtheile der übrigen Natur antreffen.

In früheren Zeiten nannte man sie Elemente, und man nahm an, dass alle Körper aus vier einfachen Grundstoffen oder Elementen, nämlich Erde, Feuer, Luft und Wasser, zusammengesetzt wären. Wir haben aber seitdem richtigere Begriffe hierüber erlangt, und wir wissen gegenwärtig, dass die meisten jener älteren Elemente zusammengesetzt sind.

2) Zusammengesetzte Körper sind diejenigen, welche mit Hülfe der Chemie in einfachere Bestandtheile zerlegt werden können. So wird z. B. der Zinnober ein zusammengesetzter Körper genannt, weil er in Schwefel und Quecksilber zerlegbar ist, und diese beiden Körper betrachten wir als einfache Stoffe, weil sich keine einfacheren Bestandtheile aus ihnen ausscheiden lassen.

Die Körper scheinen Aggregate unendlich kleiner Theilchen zu sein, die wir, in der Vermuthung, dass sie nicht in noch kleinere Theile mechanisch theilbar seien, Atome nennen (aus *Alpha privativum* und *τεμνω*, ich schneide).

Wenn sich mehrere Atome desselben Körpers neben einander legen, so geschieht diess, wenn keine Umstände verhindernd einwirken, vorzugsweise auf eine gewisse regelmässige Weise, wodurch eine solide Figur von regelmässiger Form entsteht, die wir Krystall nennen.

Die Lehre von der Form der Krystalle und ihren Abänderungen, wiewohl sie nicht in dem eigentlichen Gebiete der Chemie liegt, ist gleichwohl für den Chemiker von der äussersten Wichtigkeit, indem die Krystallform sehr häufig ein Ausdruck der inneren Zusammensetzungsweise ist, und sich dann aus ihr durch die blosse äussere Anschauung erkennen lässt, was sonst nur durch Anstellung, häufig beschwerlicher Versuche zu ermitteln ist. Diese Lehre, die Krystallographie, wird daher am Schlusse dieses Werkes in einem besonderen Anhange abgehandelt werden.

Die Vorstellung, die Körper als Aggregate kleiner, nicht weiter theilbarer Theilchen zu betrachten, wird durch die von der Erfahrung nachgewiesenen Verbindungs-Verhältnisse der Körper unter einander unterstützt. Diese Verhältnisse sind in der unorganischen Natur im Allgemeinen sehr einfach und von der Art, als ob sich entweder ein Atom eines einfachen Kör-

pers mit 1, 2, 3 oder zuweilen noch mehreren Atomen eines anderen einfachen Körpers, oder, wiewohl weniger allgemein, als ob sich 2 Atome des einen Körpers mit 3, 5 oder 7 Atomen des anderen vereinigten. Eine solche Verbindung von einem oder zwei Atomen eines Körpers mit einem oder mehreren Atomen eines anderen bildet dann ein Atom eines zusammengesetzten Körpers. So besteht in dem vorher erwähnten Beispiele ein Atom Zinnober aus 1 Atom Quecksilber und 1 Atom Schwefel.

Solche zusammengesetzte Atome verbinden sich dann wieder unter einander, auf die Weise, dass sich ein Atom des einen zusammengesetzten Körpers mit 1, 2, 3 oder mehreren Atomen eines anderen zusammengesetzten Körpers verbindet, ungefähr nach denselben Gesetzen, wie die Atome der einfachen Körper. Hierdurch entstehen noch zusammengesetztere Atome, d. h. Atome, welche eine noch grössere Anzahl sowohl von einfachen Körpern, als ihren Atomen enthalten. Zum Beispiel, 1 Atom Schwefel bildet, in Verbindung mit 3 Atomen Sauerstoff, ein Atom Schwefelsäure; 1 Atom Kalium bildet mit 1 Atom Sauerstoff ein Atom Kali. Verbindet sich nun 1 Atom Kali mit 1 Atom Schwefelsäure, so entsteht 1 Atom neutrales schwefelsaures Kali; verbindet sich aber 1 Atom Kali mit 2 Atomen Schwefelsäure, so entsteht 1 Atom saures (oder zweifach) schwefelsaures Kali. Diese bestimmten Verhältnisse pflegt man mit dem gemeinschaftlichen Namen: Chemische Proportionen, zu bezeichnen.

Weder über die Wirklichkeit, noch über die Form der Atome lässt sich auf directem Wege etwas ausmitteln, da man sie als unendlich klein annehmen muss. Betrachtet man aber mit Aufmerksamkeit das Verhalten der Körper, so scheint es sich zu ergeben, als müssten die Atome sphärisch und alle von gleicher Grösse sein; denn legt man eine gleiche Anzahl gleich grosser Kugeln auf eine bestimmte und gleiche Weise zusammen, so entstehen gleiche solide, mit denen der Krystalle übereinstimmende Figuren, und die Erfahrung hat gezeigt, dass Körper, die aus einer gleichen Anzahl einfacher Atome zusammengesetzt, unter denen aber die einfachen Körper nicht dieselben sind, bei der Krystallisation gleiche Krystallform annehmen. Diese Körper nennt man dann iso-

morphe (von ἴσος, gleich, und μορφη, Gestalt). So z. B. ist selensaure Talkerde isomorph mit schwefelsaurem Zinkoxyd.

Da aber eine gleiche Anzahl von Atomen auf ungleiche Weise zusammengelegt werden kann, woraus auch eine Ungleichheit in der daraus entspringenden Form hervorgehen muss, so folgt auch nicht nothwendig, dass alle Körper, die eine gleiche Anzahl einfacher Atome enthalten, isomorph seien. Darum können dieselben Atome das eine Mal die eine, und das andere Mal eine andere Krystallform hervorbringen. Bis jetzt kennen wir kein Beispiel von einem Körper, der mehr als zwei Krystall-Grundformen *) annehmen kann. Einen solchen Körper nennt man dimorph (von δυο, zwei). — Körper, die, aus theoretischem Gesichtspunkt betrachtet, isomorph sein müssten, und es doch nicht sind, nennt man heteromorphe (von ἑτερος, anders).

Eine erst ganz spät gemachte Erfahrung hat gezeigt, dass häufig, und vielleicht immer, aus einer ungleichartigen Zusammenlegung von Atomen von übrigens denselben einfachen Körpern in derselben Anzahl, nicht allein eine Verschiedenheit in der äussern Form, sondern auch eine Verschiedenheit in anderen Eigenschaften folgt, bis zu dem Grade, dass wir sie nicht mehr als einem und demselben Körper angehörend betrachten können. Dadurch entsteht folglich die Möglichkeit, dass zwei verschiedene Körper vollkommen gleiche Zusammensetzung haben, d. h. dieselben einfachen Körper, in derselben relativen und absoluten Anzahl von Atomen verbunden, enthalten können. Solche Körper nennt man isomerische (von ἰσομερης, aus gleichen Theilen zusammengesetzt). So ist z. B. die Phosphorsäure, die sich durch Verbrennung des Phosphors bildet, in ihren Eigenschaften verschieden von derjenigen, die durch Auflösung von Phosphor in Salpetersäure entsteht, wiewohl beide aus 2 Atomen Phosphor und 5 Atomen Sauerstoff bestehen.

*) Wenn von Krystallformen die Rede ist, so wird unter Grundform diejenige Form verstanden, die unmittelbar von der relativen Lage der Atome in dem Körper abhängig ist. Aus jeder Grundform entspringen secundäre Formen, wenn durch zufällige Umstände bei der Ausbildung der Krystalle Kanten und Ecken unausgebildet bleiben, und durch Flächen ersetzt werden. Von solchen Form-Verschiedenheiten ist hier nicht die Rede.

Allein es giebt noch eine Art, wie Körper gleich zusammengesetzt scheinen und doch verschiedene Eigenschaften haben können: nämlich wenn die relative Atomen-Anzahl der einfachen Körper gleich, die absolute aber ungleich ist. So z. B. scheint es mehrere Körper von ganz ungleichen Eigenschaften zu geben, die alle aus Kohlenstoff und Wasserstoff in einem solchen Verhältnisse bestehen, dass die Anzahl der Wasserstoff-Atome doppelt so gross ist, als die der Kohlenstoff-Atome. Von mehreren dieser Körper glauben wir annehmen zu können, dass, wenn das zusammengesetzte Atom des einen aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Wasserstoff besteht, dasselbe bei einem anderen aus der doppelten Anzahl zusammengesetzt ist, nämlich aus zwei Atomen Kohlenstoff und 4 Atomen Wasserstoff; bei einem dritten aus der dreifachen Anzahl oder drei Atomen Kohlenstoff und 6 Atomen Wasserstoff, und bei einem vierten aus 4 Atomen Kohlenstoff und 8 Atomen Wasserstoff. Solche Körper nennt man **polymerische** Modificationen einer Verbindungsart (von *πολυμερης*, vielfach).

Ein anderer Fall, der hier nicht näher entwickelt werden kann, entsteht, wenn in einem zusammengesetzten Körper, er mag nur eine oder mehrere Arten zusammengesetzter Atome enthalten, unter gewissen Umständen die einfachen Atome sich so umlegen, dass eine Verbindung von zweien oder mehreren, anders zusammengesetzten Atomen entsteht, die aber in gleicher Menge und relativer Anzahl die Bestandtheile der ersten, nun verwandelten Verbindung enthält. Wo solche Verhältnisse statt finden, nennen wir sie, zum Unterschiede von den beiden vorhergehenden Fällen, **metamerische** (von *μετα*, dessen Zufügung eine Umsetzung bedeutet).

Die Atome werden von Kräften zusammengehalten, die vielleicht nur aus einer einzigen Grundkraft bestehen, die wir aber, zur leichteren Fasslichkeit und deutlicheren Erklärung ihrer Wirkungen, unter zwei Formen betrachten.

Die eine Kraft, zufolge welcher die kleinsten Theilchen der Körper unter einander zusammenhängen, nennt man **Zusammenhangs-Verwandtschaft** oder **Cohäsionskraft**. Von den verschiedenen Graden derselben hängt die verschiedene Festigkeit der Körper ab; ist sie stark, so ist der Körper hart und fest; wird sie schwächer, so wird der Körper tropfbar

flüssig, und bei noch grösserer Abnahme derselben nimmt der Körper Luft- oder Gasform an. Diese drei Zustände des Zusammenhangs der Körper, den starren, den flüssigen und den luftförmigen Zustand, nennt man die **Aggregationsformen** der Körper. Diese Kraft ist es, welche die relative Lage bestimmt, in welcher sich die Atome zu Krystallen ordnen, wenn ein Körper aus einem der beiden anderen Aggregatzustände in den starren übergeht. — Härte, Weichheit, Zähigkeit, Sprödigkeit etc. sind nur Modificationen dieser Kraft. Durch Pulvern, Feilen und ähnliche Weise wird sie mechanisch aufgehoben, durch Einwirkung der Wärme chemisch.

Die zweite Art der Verwandtschaft wird **Vereinigungs-Verwandtschaft (Affinität)** genannt. Sie findet nur bei zusammengesetzten Körpern, und zwar zwischen den einfachen Stoffen statt, woraus dieselben zusammengesetzt sind. Durch sie können zwei Körper sich zu einem neuen dritten vereinigen, der oft keine von den Eigenschaften derjenigen Körper behält, aus welchen er zusammengesetzt ist.

So können sich zum Beispiel Schwefel und Quecksilber, vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandtschaft, zu Zinnober verbinden.

Man pflegt daher beide Arten der Verwandtschaft so zu beschreiben, dass erstere, die Zusammenhangs-Verwandtschaft, bei gleichartigen (homogenen) Körpern, z. B. zwischen den kleinsten Theilchen des Zinnobers, die chemische oder Vereinigungs-Verwandtschaft aber zwischen ungleichartigen (heterogenen) Körpern, z. B. zwischen Schwefel und Quecksilber, statt finde.

Die Vereinigungs-Verwandtschaft zeigt verschiedene Abänderungen, worunter folgende die wesentlichsten sind:

1) Die Grade dieser Verwandtschaft sind bei den meisten Körpern, welche durch sie verwandt sind, niemals von gleicher Stärke, sondern bei dem einen Körper ist sie stets grösser, wie bei dem andern.

So hat z. B. das Eisen eine grössere Verwandtschaft zum Schwefel als das Quecksilber; wenn man daher Eisenfeilspäne und Zinnober genau mit einander mengt und zusammen erhitzt, so vereinigt sich das Eisen mit dem Schwefel, und scheidet das Quecksilber aus, welches dann mit seinen ursprünglichen Eigenschaften wieder hervortritt.

Diese Art der Vereinigungs-Verwandtschaft hat man Wahlverwandtschaft genannt, weil die Körper von allen übrigen stets denjenigen auszuwählen scheinen, zu welchem sie die grösste Verwandtschaft besitzen.

2) Eine zweite Verschiedenheit zeigt sich in Hinsicht der Menge der Körper, welche durch ihre Verwandtschaft auf einander wirken, und zwar dergestalt, dass eine grössere Menge eines Körpers von schwacher Vereinigungs-Verwandtschaft einen Theil der stärkeren Verwandtschaft eines in geringerer Menge anwesenden zweiten Körpers überwältigen, das heisst mit wenigen Worten: dass die Menge bisweilen den Mangel an Stärke ersetzen kann. Indessen erleidet diese Regel bedeutende Ausnahmen.

3) Auch die ungleiche Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohäsionskraft) der Körper bringt Veränderungen hervor. Diess ist der Fall, wenn die Neigung eines Körpers zu Annahme der festen oder luftförmigen Gestalt entweder an sich so stark ist, dass sie jede Verwandtschaft überwältiget, oder wenn derselben noch eine andere schwächere Verwandtschaft zu Hülfe kommt, und dann beide zusammen die stärkere Verwandtschaft der Körper überwinden, welche sonst die flüssige Gestalt beibehalten haben würden.

Die Kohlensäure z. B. ist eine von denjenigen Säuren, die sich am leichtesten aus ihren Verbindungen mit andern Körpern trennen lassen. Der Grund davon liegt nicht allein darin, dass diese Säure eine an sich schwächere Vereinigungs-Verwandtschaft, als mehrere andere Säuren hat, sondern auch in ihrem Streben, Luftgestalt anzunehmen, was so gross ist, dass die kleinste Menge davon, die aus einer ihrer Verbindungen herausgetrieben wird, sogleich in Luftgestalt entweicht, folglich nicht, da sie nicht zurückbleibt, durch ihre Masse fortwirken kann.

4) Endlich wird diese Verwandtschaft auch verändert, wenn mehrere gemischte Körper auf einander wirken.

Wenn zwei Salze, z. B. schwefelsaures Ammoniak und salpetersaures Kali, mit einander gemengt werden, so verändert sich die Zusammensetzung beider Salze auf solche Weise, dass die stärkste Säure sich mit demjenigen Körper vereiniget, zu welchem sie oder auch beide (Säuren) die stärkste Verwandtschaft besitzen, der in diesem Falle das

Kali ist; die schwächere Säure hingegen verbindet sich mit dem Körper, zu welchem sie, oder auch beide, die schwächste Verwandtschaft haben, so dass aus dieser Mischung schwefelsaures Kali und salpetersaures Ammoniak entstehen. — Dass keine solche Veränderung statt finde, wenn die Bestandtheile dieser Salze schon vor der Vermischung auf diese Weise vereinigt waren, versteht sich von selbst.

Diese Abänderung der Vereinigungs-Verwandtschaft hat man die zusammengesetzte oder doppelte Verwandtschaft genannt.

Ein anderes Beispiel hiervon ist folgendes: Wenn man Eisenfeilspäne in Wasser legt, so entsteht keine Veränderung, weil die Verwandtschaft des Eisens zu dem einen Bestandtheile des Wassers, dem Sauerstoffe, die gegenseitige Verwandtschaft der Bestandtheile des Wassers, des Wasser- und Sauerstoffs, nicht zu überwältigen vermag. Bringt man aber Schwefelsäure hinzu, so wird dadurch das Verhalten der Verwandtschaften verändert. Die Schwefelsäure hat eine starke Verwandtschaft zu dem mit Sauerstoff verbundenen Eisen (oxydirten Eisen, Eisenoxyd), und diese Verwandtschaft, zu der ursprünglichen Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoffe hinzugefügt, überwindet nunmehr die Verwandtschaft des zweiten Bestandtheils des Wassers, des Wasserstoffs, die das Eisen für sich nicht überwältigen konnte, wodurch der Wasserstoff frei wird, und in Luftgestalt (als Wasserstoffgas) entweicht.

Diese Abänderung hat die wenig passende Benennung prädisponirende Verwandtschaft erhalten.

Dem Anfänger in der Wissenschaft, welcher noch keine Kenntniss von den Körpern und ihren Eigenschaften besitzt, diese Lehren in ihrem ganzen Zusammenhang auf eine hinlänglich fassliche Weise darzulegen, ist nicht möglich; inzwischen gestattet es auf der andern Seite der gegenwärtige Stand der Wissenschaft nicht, dieselbe ohne Voranschickung der obigen Lehrsätze abzuhandeln. Ich habe die Abhandlung der Chemie mit diesen Lehrsätzen begonnen, damit der Begriff von Atomen, von isomorphen und isomerischen Körpern, und von den Verwandtschaften in denjenigen Fällen nicht ganz fremd sei, wo er zum ersten Male zur Erklärung von Erscheinungen erforderlich ist. Eine vollständigere Entwickelung des Lehrge-

bäudes selbst folgt erst nach Abhandlung der unorganischen Chemie, nachdem sich der Studirende mit den Körpern und ihren Eigenschaften bekannt gemacht hat und die Beispiele versteht, ohne die es unmöglich ist, einen richtigen Begriff von der Corpuscular-Theorie (d. h. der Atom-Theorie), von den chemischen Proportionen und den Grundkräften, von denen Zusammenhang, Vereinigungs-Verwandtschaft und die chemischen Erscheinungen im Allgemeinen abhängen, zu erlangen.

Von den einfachen unwägbaren Stoffen.

Unter den einfachen Stoffen giebt es eine gewisse Klasse von Materien, welchen mehrere Haupteigenschaften der übrigen mangeln, die wir daher nicht mit Gewissheit zu den eigentlichen materiellen Stoffen rechnen, und die deshalb von Manchen nur als Eigenschaften derjenigen Körper betrachtet werden, an welchen sie sich in gewissen Fällen vorfinden.

Das hauptsächlichste Merkmal ihrer Verschiedenheit von andern Körpern ist, dass sie ohne Schwere (imponderabel) sind, und für sich selbst keinen wahrnehmbaren Raum einnehmen.

Es sind folgende vier: Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus. Sie haben so vieles mit einander gemein, dass man wohl vermuthen sollte, dass einer oder der andere aus den übrigen zusammengesetzt sei, oder dass sie sämmtlich aus gemeinschaftlichen, einfachen, uns gänzlich unbekannten Grundstoffen bestehen.

Licht und Wärme.

Die Erdkugel würde an sich dunkel und kalt sein, wenn sie nicht von der Sonne erleuchtet und erwärmt würde.

Die Sonne ist ein im Mittelpunkte unseres Planetensystemes befindlicher, grosser leuchtender Körper, von welchem unausgesetzt Licht und Wärme mit grosser Schnelligkeit ausströmen, und die sogenannten Sonnenstrahlen bilden. Die Natur der Sonne ist uns unbekannt. In Hinsicht ihrer Eigenschaft, zu leuchten und zu erwärmen, könnte man sie mit einer weissglühenden Eisenkugel vergleichen, in dem Augenblicke, wo diese aus dem Feuer genommen wird; allein auch

dieses Gleichniss ist unpassend, weil die Eisenkugel jene Eigenschaft sehr schnell wieder verliert, während sie bei der Sonne ohne Abnahme unausgesetzt fortdauert. Man hat in neuerer Zeit die Idee aufgestellt, dass die Quelle der Sonnenstrahlen eine Art von Atmosphäre sei, welche den, übrigens dunklen Körper der Sonne umgebe, und ist auf diese Vorstellung dadurch geleitet worden, dass man die Sonnenflecken für Oeffnungen in dieser Lichtatmosphäre gehalten hat, durch welche der dunkle Sonnenkörper sichtbar werde; indessen ist auch dieses eine blosse Vermuthung.

Die Sonnenstrahlen strömen mit einer solchen Geschwindigkeit aus, dass sie nur $8\frac{1}{2}$ Minuten Zeit brauchen, um den unermesslichen Raum zwischen der Erde und Sonne zu durchlaufen. Sie gehen beständig in gerader Linie fort, und breiten sich dabei so aus, dass ihre Dichtigkeit in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem die Quadrate ihrer Entfernung von der Sonne zunehmen. Das heisst: wenn die Erde doppelt so weit von der Sonne entfernt wäre, als sie es wirklich ist, so würden 4 Sonnen nöthig sein, um dieselbe eben so stark als jetzt zu erleuchten und zu erwärmen; wäre der Abstand dreimal so gross, so würden 9 Sonnen, bei vierfacher Entfernung 16 Sonnen u. s. w. erfordert werden.

Wenn die Sonnenstrahlen auf einen Körper treffen, so wird dieser dadurch sichtbar, dass sie von seiner Oberfläche zurückgeworfen werden, nach Gesetzen, welche die Physik lehrt.

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, die Sonnenstrahlen unverändert durch sich hindurch gehen zu lassen. Diese werden Leiter für das Licht, oder im täglichen Leben durchsichtig genannt. Wenn aber die Sonnenstrahlen in einen solchen durchsichtigen Körper eintreten, so wird ihre gerade Linie verändert, und nach Verschiedenheit der Brennbarkeit, Dichtheit und Oberfläche des Körpers, auf unterschiedliche Weise gebrochen. Kommen die Strahlen aus einem dünneren durchsichtigen Körper in einen dichteren, z. B. aus der Luft in das Wasser, so näheren sie sich der auf den Einfallspunkt senkrecht gedachten geraden Linie; und umgekehrt, wenn sie aus einem dichteren in einen dünneren übergehn. Darauf gründet sich der bekannte Versuch, dass, wenn man ein Stück Geld in eine Schüssel legt, und sich so weit

davon entfernt, dass das Geld durch den Rand der Schüssel dem Auge verdeckt wird, dasselbe dann wieder zum Vorschein kommt, wenn man die Schüssel voll Wasser giesst. Diese Eigenschaft der Körper, das durch sie hindurchgehende Licht zu brechen, wird durch die verschiedene Natur der Körper verschiedentlich verändert, und ist im Allgemeinen am stärksten bei den brennbaren Körpern. Daher werden die Sonnenstrahlen von Diamant, Naphta, Wasserstoffgas u. a. weit stärker gebrochen, als es in Verhältniss der Dichtigkeit dieser Körper geschehen sollte.

Durch die verschiedene Form der Oberfläche der Körper kann man eine verschiedene Brechung der Lichtstrahlen hervorbringen, sowohl beim Ein- als Austritt der Lichtstrahlen; hierauf gründet sich die Lehre von den Augengläsern, Brenngläsern u. s. w., oder die Dioptrik. Die Gesetze der Strahlenbrechung sind rein mathematisch, und gehören in die Physik, ihre Wirkungen aber sind auch ein Gegenstand der Chemie.

Zertheilung der Sonnenstrahlen.

Lässt man in einem vollkommen finsteren Zimmer durch eine kleine Oeffnung die Sonnenstrahlen auf ein Glasprisma oder ein eckig geschliffenes Glas fallen, und hält in einem gewissen Abstande ein weisses Papier dahinter, so erhält man eine längliche, an den Enden abgerundete Figur, die aus sieben der schönsten Farben besteht, welche allmählig eine in die andere übergehen. Dieses Bild, das sogenannte prismatische Farbenbild (*Spectrum prismaticum*), fällt etwas unterhalb der geraden Linie der Sonnenstrahlen auf das Papier, weil diese durch das Glas gebrochen werden. Wendet man eine Kante des Prisma's nach oben, so ist das Farbenbild zu oberst roth, wird dann orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und zu unterst veilchenblau.

In diesem Farbenbilde hat Frauenhofer einige dunkle Linien gefunden, die bei derselben Art Licht immer beständig sind, und die ich, da ihre Erscheinung eigentlich der Gegenstand physikalischer Untersuchungen ist, hier nicht anführen würde, wenn sie nicht Veränderungen nach den verschiedenen Quellen, woher das Licht kommt, unterworfen wären. So z. B. hat in dem Farbenbilde, welches die Strahlen der

Sonne, des Mondes und der Planeten geben, das Dunkelgelbe eine doppelte schwarze Linie; dahingegen ist auf derselben Stelle in dem Farbenbilde des Feuerlichtes eine doppelte Linie eines hellern Lichtes *).

Stellt man einen Tisch so auf, dass das ganze Farbenbild klar und deutlich darauf fällt, bringt dann in jede der sieben Hauptfarben ein Thermometer, und stellt endlich zwei andere Thermometer ausserhalb derselben nahe an die abgerundeten Enden des Bildes, so zeigen sich folgende Erscheinungen: Die Thermometer, welche im violetten Strahle und nächst diesem ausserhalb des Farbenbildes stehen, werden nicht erwärmt; in der blauen Farbe bemerkt man schon ein kleines Steigen des Thermometers, noch mehr im Grünen; im Orangefarbnen und Rothen nimmt die Erwärmung immer mehr und mehr zu, bis endlich ausserhalb des Bildes, in gewissem Abstande vom rothen Ende desselben, die Temperatur am höchsten steigt, so dass die meiste Wärme in geringer Entfernung vom rothen Ende des leuchtenden Farbenbildes entwickelt wird.

Diess beweist deutlich, dass die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch das Prisma in leuchtende gefärbte und in nichtleuchtende erwärmende Strahlen zertheilt, und beide auf verschiedene Weise gebrochen werden, daher sie auch nach der Brechung nicht auf einerlei Stelle fallen, sondern zwei verschiedene Spectra bilden, wovon das erwärmende das längste ist. Die dichtesten von den erwärmenden Strahlen, die am wenigsten gebrochen werden, fallen etwas ausserhalb der rothen, und die gefärbten Strahlen, welche die stärkste Brechung erleiden, fallen mit den am wenigsten concentrirten erwärmenden auf eine Stelle. Wenn z. B. Taf. I. Fig. 1. A B das Bild der gefärbten Strahlen darstellt, welches,

*) Frauenhofer hat dieses Verhalten in den Farbenbildern verglichen, die von verschiedenen Fixsternen gebildet werden, und gefunden, dass in dem vom Sirius und Castor keine schwarze Linie in dem Gelben, aber eine im Grünen und zwei im Blauen sind. Pollux hingegen giebt einen wie das Sonnenlicht. Es wäre nicht unmöglich, dass diese Beobachtungen, die beim ersten Anblick so wenig versprechen, uns einst zu grossen Schlüssen über die Natur der Lichtentwickelung bei den selbstleuchtenden Himmelskörpern führen können.

wegen der geringeren Brechung dieser Strahlen, das kürzere ist, so fällt das Spectrum der erwärmenden Strahlen ungefähr in A D, so dass bei D die dichtesten Strahlen einfallen, und nach A zu immer mehr abnehmen.

Die Zertheilung des Sonnenlichts in leuchtende und erwärmende Strahlen wurde zuerst von Herschel entdeckt, wiewohl einige Zeit vorher schon Rochon gefunden hatte, dass verschieden gefärbte Strahlen auch eine verschieden erwärmende Kraft besitzen. Herschel's Versuche sind späterhin von andern Naturforschern wiederholt und bestätigt worden. Allein man hat gefunden, dass der Stoff, aus welchem das Prisma verfertigt ist, Einfluss auf die Resultate hat. So fällt, nach Seebeck's Versuchen, der wärmste Punkt ausserhalb des rothen Strahles, wenn das Prisma aus englischem Flintglase gemacht, in den rothen Strahl selbst aber, wenn es aus Kronglas oder gewöhnlichem weissen Glase verfertiget ist; und wenn man, statt eines aus dem Ganzen verfertigten Prisma's, sich eines solchen bedient, das aus Glasscheiben zusammengesetzt und mit Wasser, Alkohol oder Terpenthinöl gefüllt ist, so fällt die stärkste Wärme in den gelben Strahl.

Inzwischen erleiden die Sonnenstrahlen im Prisma noch eine anderweitige Zerlegung. Scheele entdeckte nämlich, dass ein Papier, welches mit Chlorsilber (einem schneeweissen Körper, der die Eigenschaft besitzt, vom Sonnenlichte geschwärzt zu werden), bestrichen ist, wenn man das Farbenbild durch das Prisma darauf fallen lässt, in dem rothen Strahle nicht verändert, dagegen aber am äussersten Ende des Violetten vorzüglich stark geschwärzt werde. Diese Versuche sind späterhin mit der grössten Genauigkeit von Ritter, Wollaston, Böckmann, Seebeck und Bérard wiederholt worden, und alle stimmen dahin überein, dass, so wie das rothe Ende das wärmste ist, das violette Ende dagegen die Eigenschaft, das Chlorsilber zu schwärzen, am stärksten besitze. Bérard fand, dass die eine Hälfte Strahlen des Farbenbildes, vom rothen Ende an gerechnet, wenn man sie in einem doppeltconvexen Glase auffängt, sich in einem farbenlosen, unbeschreiblich stark leuchtenden Brennpunkt sammeln lässt, welcher auf das Chlorsilber nicht die mindeste Wirkung äussert; wogegen der weniger leuchtende Brennpunkt der

violetten Hälfte dasselbe in wenigen Minuten vollkommen schwärzt. Seebeck hat gefunden, dass Chlorsilber, das dem rothen Strahle lange ausgesetzt wird, eine blass rosenrothe Farbe davon annimmt, und dass, wenn das Prisma aus Flintglas besteht, sich das Chlorür zunächst ausserhalb der rothen Strahlen, wo die stärkste Wärme hinfällt, am meisten röthet. Dieselbe Farbenveränderung erleidet das Chlorsilber, wenn es bis zu einem gewissen Grade erhitzt und im Dunkeln eine Weile in dieser Temperatur erhalten wird.

Sonnenstrahlen, die durch gefärbtes Glas gehen, bringen gleiche Wirkungen, wie die gleichgefärbten Strahlen des Farbenbildes, hervor, so dass Chlorsilber hinter blauem und violettem Glase geschwärzt wird, hinter rothem und pomeranzengelbem aber nicht, vielmehr wird es hinter rothem Glase roth, und zwar weit leichter, als im prismatischen Farbenbilde selbst. Seebeck hat ferner die Beobachtung gemacht, dass, wenn man ein Papier mit einer neutralen und nicht allzu concentrirten Goldauflösung (aus welcher das Gold durch das Licht reducirt wird) bestreicht, und einen Theil dieses Papiers trocknet und im Dunkeln aufbewahrt, einen andern Theil aber nach dem Trocknen einige Augenblicke der Einwirkung des Sonnenlichts aussetzt, jedoch derselben wieder entzieht, ehe noch eine sichtbare Wirkung davon eintritt, und dann diesen Theil des Papiers mit dem andern (im Dunkeln) aufbewahrt, derselbe allmählig im Finstern eben derselben Farbenveränderung durch die Reduction des Goldes unterliegt, als wenn er länger am Tageslichte gelegen hätte, wogegen das andere Stück sich nicht im mindesten verändert.

Man hat ferner zu finden geglaubt, dass die beiden äussersten Enden des prismatischen Farbenbildes auch entgegengesetzte chemische Wirkungen hervorbrächten, dass das violette Ende reducire oder die Reduction befördere, das rothe Ende hingegen die Oxydation begünstige, und man hat daher in der Zertheilung des Lichts etwas völlig Analoges mit den Wirkungen der getrennten entgegengesetzten Elektricitäten finden wollen. Ritter wollte beobachtet haben, dass das geschwärzte Chlorsilber von den rothen Strahlen wieder gebleicht werde, was jedoch allen andern Erfahrungen widerspricht. Umgekehrt fand Wollaston, dass Guajakharz im violetten Strahle, unter Einsaugung von Sauerstoff-

gas,

gas, grün werde, und Bérard beobachtete, dass ein Gemenge von Wasserstoffgas und Chlorgas von den violetten Strahlen entzündet werde, was in keinem andern Theile des Farbenbildes der Fall war. Seebeck hat gezeigt, dass diess auch hinter violettem, nicht aber hinter rothem und gelbem Glase statt finde. Dagegen gelang es Wollaston, einen wahren Gegensatz von chemischer Wirkung an den beiden Enden des Farbenbildes auf die Weise zu entdecken, dass er ein Papier mit Guajaktinktur gelb färbte, und dasselbe erst den concentrirten Strahlen am violetten Ende aussetzte, wo es grün wurde, dann aber in die concentrirten Strahlen des rothen Endes brachte, wo es seine gelbe Farbe wieder annahm. Allein, da er nachher fand, dass die grüne Farbe sich auch durch blosse Erwärmung des Papiers wieder in die gelbe verwandelt, so kann man die Wiederherstellung dieser Farbe am rothen Ende auch als eine blosse Wirkung der wärmenden Strahlen betrachten, besonders da bekanntlich mehrere Pflanzenfarben in $+ 100^0$ bis 120^0 trockener Wärme, eben so gut als vom Sonnenlichte gebleicht werden.

Eine andere Beobachtung ist, dass gewisse Körper, z. B. Schwefelbarium, Schwefelstrontium, Schwefelcalcium, manche Diamanten, verschiedene Arten des Flussspaths u. dgl. m., wenn sie dem Sonnenlichte auf einige Augenblicke ausgesetzt werden, eine Zeitlang im Finstern leuchten. Wilson und Ritter haben ausgemittelt, dass diese Erscheinung vorzüglich durch das violette Farbenende hervorgebracht werde, und dass Körper, die im Dunkeln leuchten, diese Eigenschaft augenblicklich verlieren, wenn man sie dem rothen Ende aussetzt.

Diese bisher bekannt gewordenen Thatsachen deuten offenbar auf eine ungleiche Beschaffenheit der in die Endpunkte des Farbenbildes fallenden Strahlen hin. Wenn wir uns indessen in unseren Schlussfolgerungen besonders da, wo von allgemeinen und weitumfassenden Gegenständen die Rede ist, nicht übereilen wollen, so müssen wir auch bekennen, dass diese Umstände uns noch nicht zu der Annahme berechtigen, dass dieser Gegensatz gerade in Oxydation in dem einen, und in Reduction in dem andern Ende des Farbenbildes bestehe, so glaublich es auch sein mag, dass diese Idee künf-

tig durch ausgedehntere Untersuchungen sich als wahr bestätigen dürfte. Wir werden in der Folge sehen, dass die beiden Elektricitäten, von welchen wir durch Erfahrung wissen, dass die eine die Reduction, die andere die Oxydation befördert, sobald sie sich vereinigen und als Elektricitäten verschwinden, sich als strahlendes Licht und Wärme offenbaren. Welche wichtige Entdeckung würde es daher sein, wenn man dahin gelangte, aus dem strahlenden Lichte die Eigenschaften herleiten zu können, durch welche die verschwundenen Elektricitäten sich auszeichnen!

Morichini gab an, dass das violette Licht die Eigenschaft besitze, eine darin aufgehängte Compassnadel, nach einer halbstündigen Bestrahlung, magnetisch zu machen, und Madame Sommerville glaubte gefunden zu haben, dass Nähnadeln, mit violetter Seide bedeckt, im Sonnenschein magnetisch würden. Diese Angaben sind aber durch Andere nicht bestätigt befunden worden; namentlich glaubt Seebeck, dass sie auf einer Täuschung beruhen, und bemerkt, dass eine solche Magnetisirung, wenn der Stahl vorher vollkommen unmagnetisch war, unter keiner Bedingung statt finde. Zu demselben Resultate sind auch Riess und Moser gelangt.

Die Sonnenstrahlen sind folglich aus denjenigen Materien zusammengesetzt, die uns das Gefühl des Lichts und der Wärme verursachen.

Licht.

Ob das farbenlose Licht, nach Newton's Vermuthung, aus jenen sieben Hauptfarben zusammengesetzt sei, oder ob diese Farben durch Vereinigung des Lichts mit verschiedenen Mengen Wärme entstehen, wie man in neuerer Zeit hat vermuthen wollen, lasse ich hier auf sich beruhen.

Die Farben der Körper entstehen durch Zertheilung der Sonnenstrahlen, indem ihre Oberflächen gewisse Strahlen zurückwerfen, die übrigen aber zurückbehalten; so wird z. B. ein Körper blau genannt, dessen Oberfläche die blauen Strahlen zurückwirft, alle übrigen aber einsaugt u. s. w. Durch die bis in's Unendliche verschiedene Vermischung der zurückgeworfenen Strahlen entsteht die unendliche Nüancirung der

Farben der Körper. Schwarze Körper saugen alle Lichtstrahlen ein, weisse hingegen werfen dieselben sämmtlich zurück.

Bei jeder Zertheilung der Lichtstrahlen in Farben wird auch Licht und Wärme in höherem oder geringerem Grade ausgeschieden, je nachdem die zurückgeworfenen Strahlen in ihrer Grundmischung mehr oder weniger Wärme aufnehmen. Daher wird ein schwarzer Körper von den Sonnenstrahlen erwärmt, weil er alles oder fast alles Licht in sich aufnimmt, wobei die Wärme der Strahlen in ihm frei wird, und sich den nächsten Körpern mittheilt. Nach ihm folgen in den Graden der Erwärmung die violetten, blauen, grünen, gelben und rothen Körper; weisse werden am wenigsten erwärmt, und vollkommen polirte Spiegel, besonders metallene, nehmen gar keine Wärme an, weil sie die Strahlen ganz unverändert zurückwerfen.

Aus den sieben gefärbten Strahlen lässt sich wieder ein farbenloses Licht zusammensetzen, wenn man sie mit einem grossen Brennglase auffängt; allein dieses farbenlose Licht entsteht nur erst im Brennpunkte, und hat auch da noch einen farbigen Rand, weil sich die farbigen Strahlen nicht vollkommen genug vereinigen lassen. — Macht man sich eine runde Scheibe von Holz oder Pappe, und theilt sie in sieben Ausschnitte dergestalt ein, dass der Ausschnitt für die rothe Farbe 45°, für das Pomeranzengelbe 27°, für das Gelbe 48°, für das Grüne 60°, für das Hellblaue 60°, für das Dunkelblaue 40°, und für das Violblaue 80° beträgt, und bemalt diese Ausschnitte mit möglichst klaren Farben, so erscheint die Scheibe vollkommen weiss, wenn sie mit einer gewissen Schnelligkeit umgedreht wird.

Wenn die Lichtstrahlen durch ein auf beiden Seiten convex (erhaben) geschliffenes Glas, z. B. durch ein gewöhnliches Brennglas, hindurchgehen, so werden sie, wie die Physik lehrt, gegen den Mittelpunkt des Glases zu dergestalt gebrochen, dass sie hinter dem Glase einen Kegel bilden, und, nach der grösseren oder geringeren Convexität des Glases, in kürzerem oder weiterem Abstande in einem Punkt zusammentreffen, den man den Brennpunkt oder Focus nennt. Hält man in diesen Punkt einen undurchsichtigen Körper, so fallen auf diesen kleinen Raum alle Sonnenstrahlen zusammen, welche durch das ganze Brennglas durchgegangen sind.

und setzen alle Wärme, welche sich über einen Raum von der Grösse des Brennglases verbreitet haben würde, auf diesem einzigen Punkte ab. Daher entsteht in diesem Punkte eine Wärme, die, nach Verschiedenheit der Grösse und Erhabenheit des Glases, von einer schwachen Glühhitze bis zum höchsten Grade der Hitze gehen kann, den wir hervorzubringen vermögen. Hierbei ist aber noch zu erinnern, dass der Brennpunkt der wärmenden Strahlen nicht ganz genau mit dem Punkte der leuchtenden Strahlen zusammenfällt, sondern, weil jene weniger gebrochen werden, eine kleine, kaum bestimmbare Strecke hinter den Lichtpunkt.

Wollaston fand mittelst eines zu diesem Versuch eingerichteten ringförmigen Prisma's (welches aus einem doppeltconvexen, in der Mitte bis auf einen gewissen Abstand von dem Umkreise mit schwarzem Papier überzogenen Glase bestand), dass, wenn das Licht dadurch farbig gebrochen wurde, der Brennpunkt der wärmenden Strahlen etwa um $\frac{1}{12}$ seiner ganzen Entfernung vom Glase weiter wegfalle, als der Brennpunkt der leuchtenden Strahlen.

So lange die Strahlen durch Leiter oder durchsichtige Körper gehen, werden sie nicht zerlegt, und der durchsichtige Körper nimmt keine Wärme an; je weniger durchscheinend aber die Körper sind, desto mehr werden sie erwärmt. Daher setzen die Sonnenstrahlen in der Luft nur wenig Wärme ab, weil die Luft der beste bekannte Lichtleiter ist; das Glas hingegen, und selbst das reinste, ist schon ein geringerer Leiter als die Luft, zersetzt daher schon einen kleinen Theil der Strahlen, und wird dadurch erwärmt. Dieser Umstand macht, dass in der höheren Atmosphäre eine stete Kälte herrscht, weil die Sonnenstrahlen dort keinen Körper antreffen, welcher ihre Wärme ausscheiden könnte. Aus diesem Grunde ist auch die Wärme auf hohen Bergen so gering, weil die Sonnenstrahlen dort auf eine so unbedeutende Körpermasse treffen, dass die aus ihnen entwickelte Wärme von der umgebenden Luft immer wieder fortgeführt wird. Hierzu kommt noch, dass die Sonnenstrahlen in der wärmsten Zeit auf die Abhänge der Berge in schräger Richtung, und daher weniger dicht auffallen. — Dunkle Körper, die alles Licht einsaugen, scheiden auch alle Wärme aus, daher der Erdboden mehr erwärmt wird, als das Meer.

Man hat diese Eigenschaft der Körper benutzt, um die Intensität oder Dichtigkeit des Lichtes zu messen, und zwar auf die Weise, dass man von zwei ziemlich gleich gehenden Thermometern die Kugel des einen geschwärzt hat. Im Dunkeln gehen beide gleich, am Tage aber steigt das geschwärzte höher, als das andere, und zwar um so mehr, je stärker das Licht ist, das auf beide fällt. Ein solches Instrument nennt man einen Lichtmesser oder Photometer. Es wurde von Pictet erfunden. Leslie fand durch die damit angestellten Versuche, dass das Sonnenlicht eine 12,000 Mal stärkere Intensität als ein Wachslicht hat, so dass ein Stückchen Sonne von der Grösse einer Lichtflamme so viel als 12,000 Wachslichter zusammen leuchten würde. Mittelst desselben Instruments kann man auch die Durchsichtigkeit der Körper messen. So fand Leslie, dass z. B. von 100 Lichtstrahlen trockner Cambrik 80, nasser Cambrik 93, feines Papier 49, geöltes Papier 80 Strahlen u. s. w. durchlassen.

Die Sonnenstrahlen sind sonach an und für sich nicht warm, sondern geben dann erst Wärme, wenn sie von nichtleitenden Körpern zersetzt und eingesaugt werden, daher man lange glaubte, die Sonnenstrahlen würden dadurch wärmend, dass sie einen auf der Erde befindlichen eigenen Wärmestoff in Bewegung setzten. Nach Leslie's photometrischen Versuchen betrug, unter der Breite von Edinburg im Sommer zur Zeit der Sonnenwende, die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen beim Untergange der Sonne 90° Fahr. oder + 32° C. Im Winter hingegen war ihre höchste wärmende Kraft = 25° Fahr. oder — 3°,6 C. Die Sonnenstrahlen, welche an einem Sommertage durch einen mit lichten Wolken bedeckten Himmel durchströmen, betragen unter derselben Breite 16° bis 20° C., im Winter aber nur 6° bis 9° C.

Bei jeder Verbrennung entstehen Strahlen, die den Sonnenstrahlen ähnlich, jedoch weit weniger dicht und mit dem in ihnen enthaltenen Wärmestoffe weit schwächer verbunden sind. Man kann sich leicht von der wärmenden Natur dieser Strahlen überzeugen, wenn man sich im Winter in einem kalten Zimmer vor ein Kaminfeuer stellt; man fühlt die Hitze oft in ziemlicher Entfernung vom Feuer, ungeachtet die Zimmerluft nicht davon erwärmt wird. Die Ursache davon ist, dass die Feuerstrahlen ihren Wärmestoff nicht unmittelbar an

die Luft als Leiter, sondern erst dann absetzen, wenn sie auf einen undurchsichtigen Körper stossen. Daher schmilzt auch das Eis an den Fenstern, sobald es von den Strahlen des Kaminfeuers erreicht wird, wenn auch das Zimmer selbst noch so kalt ist, dass zwischen dem Fenster und der Feuerstätte Wasser im Schatten noch gefrieren kann.

Die Strahlen des Feuerlichts können eben so, wie die Sonnenstrahlen, gebrochen, verdichtet und zerlegt werden, enthalten aber eine weit geringere Menge Wärmestoff, und lassen ihn auch viel leichter fahren. Wenn man sie daher durch ein Brennglas zu verdichten versucht, so wird das Glas erwärmt, und die leuchtenden Strahlen gehen fast allein hindurch. Dabei findet der besondere Umstand statt, dass die Wärmestrahlen des Feuers mit weit geringerem Verluste durch ein Brennglas von so dunkler Farbe gehen, dass es undurchsichtig ist, so dass man sagen könnte, dass da, wo die Lichtstrahlen durchgehen, die wärmenden zurückbleiben, und so umgekehrt. Auf gleiche Weise verhält es sich mit gläsernen Brennspiegeln; mit guten metallenen Brennspiegeln hingegen kann man die Feuerstrahlen verdichten, und, nach Verhältniss ihrer verschiedenen Intensität, Körper, die man in ihren Brennpunkt bringt, erhitzen oder auch anzünden. Die Strahlen des Feuers sind demnach nicht ganz so zusammengesetzt, wie die Sonnenstrahlen, ungeachtet sie, wie diese, durch das Prisma in die sieben Hauptfarben zertheilt werden können, wobei sie, wie oben angeführt worden, auch nicht die dunklen Linien zeigen, die man in dem Farbenbilde des Sonnenlichtes bemerkt.

Ob Wärme für die Natur eines Lichtstrahls nothwendig bedingt sei oder nicht, ist noch nicht mit Sicherheit bekannt; dass aber ein Lichtstrahl einen grossen Theil seiner Wärme verlieren, und doch noch ein Lichtstrahl bleiben könne, sehen wir nicht nur an den Feuerstrahlen, welche durch ein Brennglas gehen, sondern auch am Mondlichte, welches durch die vom Monde zurückgeworfenen Sonnenstrahlen gebildet wird, die ihre Wärme und einen grossen Theil ihres Lichts auf der sie verschluckenden Oberfläche des Mondes zurücklassen, und dadurch ihre Eigenschaft, zu wärmen, gänzlich verlieren.

Viele Körper geben auch ohne Verbrennung ein schwaches Licht von sich, das zwar hinlänglich sichtbar ist, aber

nicht zum Erleuchten ausreicht, wie z. B. manche lebende Thiere, faulende Thier- und Pflanzenstoffe, mehrere Steinarten, wenn man sie gelinde erwärmt, oder gegen einander stösst und reibt, Zucker, wenn er gestossen wird u. s. w. Verschiedene Salze, wenn sie krystallisiren, geben in der Flüssigkeit leuchtende Funken, die bisweilen sehr schnell auf einander folgen, wie z. B. schwefelsaures Kali, Fluornatrium. Woher das Licht in diesen Fällen komme, ist uns eben so unbekannt, als wir in den meisten Fällen nicht wissen, ob dieses Licht einige Wärme enthalte.

Die Lichtstrahlen haben mancherlei Einfluss auf die Zusammensetzung mehrerer Körper, wobei sich die Strahlen der Sonne, durch ihre unendlich grössere Dichtheit, wieder vor allen andern auszeichnen. Ihre gewöhnlichste Wirkung ist, dass sie verschiedene oxydirte oder verbrannte Körper wieder in ihren ursprünglichen brennbaren Zustand versetzen, wobei der Sauerstoff in Gasgestalt ausgeschieden wird. So färben sie z. B. reine und concentrirte Salpetersäure gelb oder roth, während ein Theil ihres Sauerstoffs in Gasgestalt entweicht. Aus manchen Goldauflösungen fällen sie theils das Gold in metallischer Gestalt, theils färben sie die Flüssigkeit purpurroth. Silbersalze werden durch das Licht theils zu metallischem Silber reducirt, theils geschwärzt, besonders zeigt das Chlorsilber diese Eigenschaft.

Das Licht bleicht und zerstört die meisten vegetabilischen Farben. Wir sehen täglich, wie das Sonnenlicht unsere gefärbten Zeuche ausbleicht und die meisten ihrer Farben vernichtet. Ein des schnellen Verlaufs halber sehr interessantes Beispiel liefert die aus Kirsch- und Fliederblättern mit Spiritus bereitete grüne Tinktur, wenn man sie in die Sonne stellt. Sie verliert innerhalb zwanzig Minuten ihre Farbe, die sie auf einer dunklen Stelle sehr lange unverändert behält. Schon Rumford vermuthete, dass diese Wirkungen hauptsächlich in der erwärmenden Kraft der Strahlen ihren Grund haben dürften, und Gay-Lussac und Thénard haben durch Versuche dargethan, dass solche Farben, welche in der Sonne langsam verschiessen, in wenigen Minuten gebleicht werden können, wenn man sie einer warmen Luft aussetzt, deren Hitze die Temperatur des kochenden Wassers übersteigt, aber nicht so stark sein darf, dass sie die gefärbten Stoffe verbrennt.

Die meisten lebenden Pflanzen, wenn sie im Dunkeln wachsen, werden farbenlos, hoch und schmächtig, und erlangen ihre grüne Farbe und Festigkeit erst im Sonnenlichte. — Pflanzen und Bäume, die wir in unseren Zimmern ziehen, neigen sich nach dem Fenster zu, und die im Freien wachsenden richten sich stets in die Höhe, und bilden, wenn sie niedergelegt werden, Kniee, um sich wieder aufzurichten, weil sie von oben herab am besten vom Lichte bestrahlt werden. — Auch Thiere können ohne Licht nicht gedeihen und sich wohl befinden, wie wir an vielen Beispielen solcher Thiere sehen, die lange in dunklen Behältnissen eingeschlossen gewesen sind. Ganz entgegengesetzt verhält es sich mit Saamen und Embryonen, die während ihrer Entwickelung von undurchsichtigen Körpern umgeben sein müssen.

Sollten diese Veränderungen, welche die Sonnenstrahlen erzeugen, ihren Grund in der Entwickelung von Wärme haben, so müsste diese durch die nächsten Umgebungen augenblicklich wieder so herabgestimmt werden, dass die Temperatur, bei welcher die chemische Wirkung vor sich geht, durch das Thermometer nicht entdeckt werden könnte.

Was das Licht eigentlich sei, ob es aus einer eigenthümlichen Materie bestehe, oder durch eine Vereinigung der so eben beschriebenen chemischen Strahlen mit der Wärme gebildet werde, vermögen wir nicht zu bestimmen. Wenn es von undurchsichtigen, besonders dunkelfarbigen Körpern eingesogen wird, so verschwindet es gänzlich, und wir finden dennoch, dass weder diese Körper, wenn sie auch das Licht Jahre lang verschluckt haben, am Gewichte zunehmen, noch dass die Sonne durch das beständige Ausströmen von ihrer leuchtenden Kraft verliere. — Weil das eingesogene Licht gänzlich verschwindet, so glaubte man eine Zeitlang, das Licht entstehe durch die Bewegung eines hypothetisch angenommenen feinen Stoffes, des sogenannten A e t h e r s, der den unermesslichen Weltraum überall ausfülle, und dessen Bewegung durch die Sonne unterhalten werde.

Zwei Theorien über das Licht haben die Meinungen der Naturforscher getheilt. N e w t o n zeigte, dass die Erscheinungen sich am leichtesten erklären lassen, wenn man annähme, das Licht sei ein Stoff, dessen unendlich kleine Theilchen mit grosser Schnelligkeit in gerader Richtung fortge-

stossen würden. Der Abstand dieser Theilchen von einander könne sehr gross, z. B. noch grösser als der halbe Erddurchmesser sein, ohne dass unsere Sinne die mindeste Lücke zwischen ihrer Aufeinanderfolge bemerken können, und daher könnten die Strahlen sich in jeder Richtung durchkreuzen, ohne einander in ihrem Wege aufzuhalten. — Diese Hypothese setzt also voraus, dass ein Stoff von dem leuchtenden Körper ausgehe, und, auf die Sonne angewendet, dass jener Stoff unaufhörlich von ihr ausströme; daher hat diese Hypothese den Namen Emanations-System erhalten.

Man hat dagegen eingewendet, dass die Sonne auf diese Weise fortdauernd an Masse verlieren müsste, und, da uns eine solche Verminderung nicht bemerkbar werde, auch das Emanations-System folglich ohne allen Grund sei. Allein, abgesehen davon, dass die Masse der Sonne durch ihr Leuchten wohl vermindert werden könnte, ohne dass es uns wegen der Kürze der Zeit, auf welche unsere Beobachtungen beschränkt sind, bemerklich würde; so scheinen doch andere Umstände die befürchtete Verminderung des Sonnenkörpers wenig wahrscheinlich zu machen. Wir haben gesehen, dass die Masse der Körper, auf welchen die auffallenden Sonnenstrahlen verschwinden, keine Vermehrung erhält, und dass sonach die Sonnenstrahlen, was auch nach ihrem Verschwinden aus ihnen werden mag, nicht zurückbleiben, und wir werden in der Folge sehen, dass die Wärme, welche beim Verschwinden des Lichts fühlbar wird, sie mag nun entweder aus ihrer Verbindung mit dem Lichte losgetrennt, oder durch Umwandlung der verschwindenden Strahlen erzeugt werden, eben so wenig auf der Erde zurückbleibt. Hieraus könnte man daher die Vermuthung abnehmen, dass sie in irgend einer andern Gestalt, als das strahlende Licht ist, wieder zur Sonne zurückkehren.

Dagegen lässt sich aber gleichwohl wieder mit Grund entgegnen, dass derjenige Theil der Sonnenstrahlen, welche auf die die Sonne umkreisenden Planeten fallen, unendlich gering gegen die Anzahl derjenigen Sonnenstrahlen ist, welche ohne Unterlass in das Weltall ausströmen, und innerhalb unseres Planetensystemes nirgends auf undurchsichtige Körper treffen, die ihren Lauf unterbrechen und sie zurückschicken könnten. Es ist aber einmal unser Loos, allemal auf Unbe-

greifliches zu stossen, sobald wir uns bemühen, Alles verstehen zu wollen.

Euler, welcher das Ausströmen eines Stoffes aus der Sonne nicht für zulässig hielt, suchte eine andere Ansicht von den Lichterscheinungen aufzustellen, durch welche er die Analogie des Lichts mit dem Schalle mathematisch darlegte, und die kein Ausströmen nöthig machte. Nach seiner Meinung ist das Weltall mit einem unendlich feinen Stoffe ausgefüllt, der Alles durchdringt und für unsere Sinne so lange unwahrnehmbar bleibt, als er sich in Ruhe befindet; diesen Stoff nannte er Aether. Ein leuchtender Körper setzt diesen Stoff in eine zitternde Bewegung, die derjenigen Bewegung der Luft gleicht, durch welche die Fortpflanzung des Schalles geschieht. Von diesen Voraussetzungen ausgehend, zeigte Euler, wie alle Lichtbrechungs-Erscheinungen durch das Brechen dieser Oscillationen erklärlich werden, und entwickelte daraus eine höchst sinnreiche und annehmliche Theorie des Lichts, welche man die Oscillations-Theorie genannt hat.

Diese Theorie ist überall ausreichend, so lange die Erscheinungen bloss mechanisch sind. Allein schon bei Erklärung der Zertheilung des Lichts in Farben durch das Prisma leistet sie weniger Genüge, obschon ihr geistreicher Urheber es verstanden hat, sie auch hier als höchst interessant darzustellen. Kommt man aber endlich auf die chemischen Wirkungen des Lichts, so stösst diese Theorie noch mehr an das Unbegreifliche, und man nimmt deutlich wahr, dass diese Phänomene etwas in sich fassen, was nicht bloss mechanisch ist. Dahin gehören auch manche in neuerer Zeit theils erst entdeckte, theils besser entwickelte Erscheinungen bei der Brechung des Lichts, z. B. durch Doppelspath, Alabaster, Glimmer u. dgl. m., welche Erscheinungen man unter dem Namen der Polarisation des Lichts zusammen begreift, die jedoch zu tief im Gebiete der mathematischen Physik liegen, als dass sie in einem Lehrbuche der Chemie abgehandelt werden könnten, die aber, wenn ich mich nicht täusche, weder durch die eine, noch die andere Theorie vollständig erklärt werden können.

Man erlaube mir hier, die Aufmerksamkeit des jüngeren Lesers gelegentlich auf einen Umstand zu lenken, der sich bei dem Studium der Naturkunde sehr oft darbietet, nämlich auf

die oft sehr verschiedenen Erklärungen einer und derselben Erscheinung. Wir müssen gleich bei unserm ersten Eintritte in das Gebiet der Naturkunde uns in der Ueberzeugung befestigen, dass wir nicht Alles erklären können, und dass unsere Bemühungen deshalb oft fruchtlos sein werden. Zwei ungewöhnlich grosse Geister haben hier Ein Phänomen von zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet. Beide Ansichten können natürlich nicht richtig sein. Minder tiefdenkende Naturforscher pflegen nicht selten von streitigen Meinungen die eine als richtig anzunehmen; Jünglinge sind dazu noch mehr geneigt, als Männer, denen die Erfahrung schon oft ihre liebsten Ideen vernichtet hat, und die dadurch misstrauischer geworden sind. Allein es ist nicht nothwendig, dass von zwei sich widersprechenden Erklärungen die eine allemal die richtige sein müsse; denn das wahre Verhalten der Sache kann noch verborgen sein und es für immer bleiben. Man muss daher zwar alle Wahrscheinlichkeiten wohl prüfen, ohne jedoch gerade eine derselben als Wahrheit zu betrachten, d. h. ohne einer davon völligen Glauben zu schenken, bevor man nicht für ihre einzige Richtigkeit, und folglich für die Unrichtigkeit aller übrigen, vollgültige Beweise hat. Und es ist in der That nicht möglich, zu bestimmen, welche von den hier angeführten Erklärungen wahrscheinlicher ist, als die andere; wir können deshalb weder die eine, noch die andere als vollkommen richtig betrachten.

Newton nahm an, dass das Licht eine Materie sei, deren kleinste Theilchen sich mit einer grossen Geschwindigkeit fortbewegen. Diese Hypothese erklärt zwar die Erscheinungen, stösst aber auf die Schwierigkeit einer unwahrscheinlichen Verminderung der Sonnenmasse, ohne die sich ein Ausströmen nicht denken lässt. Diese Schwierigkeit enthält aber keinesweges die Unmöglichkeit, dass die Sache sich nicht so verhalten könnte. Neuerlich hat indessen Young die Beobachtung gemacht, dass unter gewissen Bedingungen ein Lichtstrahl durch einen andern so aufgehoben werden kann, dass dadurch Schatten oder Dunkelheit entsteht; — eine Erscheinung, die durchaus nicht mit der Emanationstheorie vereinbar ist, nach der Oscillationstheorie aber dadurch erklärt werden kann, dass, wenn von zwei Lichtwel-

len die eine zur Hälfte ihrer Oscillationsweite verzögert ist, ihre tiefste Stelle mit der höchsten der andern zusammenfällt, und so beide sich einander aufheben. Euler nahm einen feinen Stoff, den Aether, an, für dessen Existenz kein anderer Grund vorhanden ist, als dass man seiner zu der Erklärung der Phänomene bedarf. Denn dieser Stoff ist für unsere Sinne nicht wahrnehmbar, füllt den Weltraum aus und ist ohne Schwere, d. h. er wird weder von der Sonne, noch von der Erde angezogen. Das Erzittern desselben bringt den sinnlichen Eindruck hervor, den wir Licht nennen. Nun können wir nicht einsehen, wie die im Aether einmal hervorgebrachte Bewegung, wodurch das Licht entsteht, wieder zum Stillstand gebracht werden soll, ohne Zuthun einer, dieselbe wiederum hemmenden, gegenwirkenden Kraft. Dass sie gleichwohl augenblicklich aufhören könne, sehen wir daraus, dass undurchsichtige Körper Schatten werfen, welches daher rührt, dass der Aether hinter dem Schatten gebenden Körper in Ruhe kommt. Wenn es nur eine Kraft giebt, die der Bewegung des leuchtenden Aethers entgegen wirkt und sie zum Stillstande bringt; so muss solche eben so wirken, wie die in der Physik sogenannte Trägheit der Körper (*vis inertiae*), und der Aether muss folglich einen Widerstand gegen diejenigen Körper ausüben, die ihn zu verdrängen suchen. Dann würden aber die Planeten in ihrem Umlaufe durch den Aether aufgehalten werden, und ihre Bewegungen von Jahr zu Jahr an Geschwindigkeit abnehmen, was wenigstens eben so stark gegen unsere Erfahrung und gegen die Wahrscheinlichkeit streitet, als dass die Masse der Sonne durch das Ausströmen des Lichts vermindert werden solle.

Zieht man dabei noch in Betracht, dass es Erscheinungen in der chemischen Zerlegung giebt, welche sich durch die Oscillationen des Aethers nicht erklären lassen; so muss uns die Euler'sche Ansicht unwahrscheinlich vorkommen, ohne dass wir deshalb die Newton'sche für richtig annehmen können, und es bleibt uns daher nichts als das Bekenntniss übrig, dass wir noch sehr vieler Entdeckungen bedürfen, ehe wir von der Natur des Lichtes etwas Zuverlässiges zu wissen glauben können.

Wärme.

Wärme ist der zweite Bestandtheil der Sonnenstrahlen; dieser verschwindet aber beim Einsaugen der Strahlen für unsere äusseren Sinne nicht, wie das Licht, sondern wird uns durch ein eigenes Gefühl wahrnehmbar, das wir Wärme nennen.

Der mittlere Theil der Erdkugel ist beständig warm, weil er eine solche Stellung gegen die Sonne hat, dass ihre Strahlen senkrecht auf seine Oberfläche fallen. Je mehr wir uns aber den Polen nähern, desto kälter wird es, weil wegen der Rundung der Erde die Sonnenstrahlen hier nur schräg auffallen, und weil folglich in dem Verhältnisse, wie die Rundung der Erdoberfläche von der rechtwinkligen Stellung gegen die Strahlen abweicht, desto wenigere von diesen auf eine gleich grosse Fläche fallen, und mithin den Erdboden desto weniger erwärmen, so dass endlich an den Polen selbst die Sonnenstrahlen gerade vorbeischiessen, und gar keine Wärme an diese absetzen. Indessen macht die Neigung der Erde in ihrer Bahn, dass jeder Pol ein halbes Jahr hindurch in einer ganz schrägen Richtung von der Sonne beschienen wird, und dass der Erdgürtel, auf welchen die Sonnenstrahlen senkrecht auffallen, sich vom Aequator wechselweise ein wenig mehr nördlich oder südlich entfernt.

Die Oberfläche der Erde ist folglich an sich kalt, und die Wärme nur da vorhanden, wo sie sich aus den Sonnenstrahlen ausscheidet, und je nachdem die Oberfläche der Erde mehr oder minder erwärmt wird, mehr oder weniger tief in ihre Masse eindringt. Hörte die Sonne auf zu leuchten, so würde die Erde sehr bald bis zu der Temperatur unter den Polen, und vielleicht noch weiter erkalten, weil sie keine Wärme mehr erhalten und die früher empfangene während ihres Laufes beständig wieder absetzen würde, indem die Wärme keine Schwere hat, daher von der Erdmasse nicht angezogen und zurückgehalten wird.

Hierdurch entsteht bei den abwechselnden Wendungen der verschiedenen Erdtheile nach der Sonne der Unterschied der Temperatur am Tage und bei Nacht, im Sommer und Winter. Aus diesem Grunde sind auch die Pole der Erde eine feste Masse, und das Wasser, welches die Seen und Meere bildet, wird erst in einiger Entfernung von den Polen flüssig,

wo die auffallenden Sonnenstrahlen dicht genug werden, um durch ihre Wärme das Eis zu schmelzen. Wie weit die Erde inwendig wärmer oder kälter als auf der Oberfläche sei, ist uns unbekannt. Die Versuche, diess zu ermitteln, haben ungleiche Resultate gegeben. Wenn man die Wärme des Wassers im Meere an tieferen Stellen misst, so hat man sie gegen die Tiefe zu abnehmend gefunden, so dass sie ganz unten nur ein oder ein Paar Grade über dem Frostpunkte war; aber da das kältere Wasser schwerer als das wärmere ist, so muss in dem Meere eine Bewegung entstehen, wodurch das Wasser von den kälteren Regionen zu den wärmeren am Boden des Meeres niederfliesst, dessen warmes Wasser an der Oberfläche nach kälteren Gegenden geführt wird, und daher Strömungen entstehen, die die Kälte des Wassers auf dem Boden des Meeres behalten. Bei Messungen der Erdwärme in Bergwerken hat man sowohl in Europa als auch in Amerika gefunden, dass die Wärme gegen die Tiefe zunimmt, so dass sie um einen Thermometergrad für jede 32 Meter (107,2 Fuss) zu steigen scheint, was beweisen könnte, dass die Erde im Innern eine höhere Temperatur hat, und schon 36000 Fuss tief glühend sein könnte. Man hat indessen diese höhere Temperatur in der Tiefe in den Bergwerken, als eine Folge von den zufälligen Erwärmungen, die in den Bergwerken bei den darin vorkommenden Arbeiten entstehen, zu erklären gesucht, so dass dieser Gegenstand noch nicht vollkommen ausgemittelt zu sein scheint. Wenn man indessen bedenkt, dass die Bestandtheile der Verbindungen, woraus unsere Erde besteht, nicht unter einander verbunden werden konnten, ohne dass nicht eine bedeutende Erhöhung in der Temperatur daraus entstanden wäre, so wird es sehr wahrscheinlich, dass die Erde ehemals auch auf der Oberfläche eine weit höhere Temperatur als jetzt gehabt haben müsse; auch liefert hierzu die Geologie die unwiderleglichsten Beweise; diese Wärme, kann man annehmen, verschwand mit der Länge der Zeit von der Erdoberfläche; in der Tiefe aber ist sie noch bis zu einem gewissen Grade vorhanden und kann von da aus nur mit der grössten Langsamkeit entweichen.

Ein, auf irgend eine Weise, erwärmter Körper lässt nach und nach seine Wärme wieder fahren, und diese entweicht entweder strahlend, wie das Licht, oder durch Mit-

theilung an die benachbarten Körper, die dadurch erwärmt werden.

Die Wärme verliert mit dem Lichte ihre strahlende Kraft nicht gänzlich. Man kann deshalb von einem erhitzten, aber nicht glühenden, d. h. nicht leuchtenden, Körper die Wärmestrahlen auf einem concaven Metallspiegel auffangen, und in dem Brennpunkte concentriren, so dass ein Thermometer, das in den Brennpunkt gestellt wird, bedeutend höher steigt, als in dem umgebenden Medium. Scheele lehrte uns zuerst den Unterschied zwischen strahlendem Lichte und strahlender Wärme, und bewies, dass beide nach einerlei Gesetzen zurückgeworfen werden. Schon lange vorher hatte die Academia del Cimento in Italien einen Versuch angestellt, die Kältestrahlen eines Stücks Eis aufzufangen und zu verdichten. Allein dieser Versuch und seine Resultate geriethen bei den Naturforschern ganz in Vergessenheit, bis Pictet ihn wiederholte und die Richtigkeit des Erfolges bestätigte. Da wir die Kälte mit gutem Grunde nur als Mangel von Wärme betrachten, so scheint diess anfangs unbegreiflich.

Allein man stelle zwei gleich grosse metallene Brennspiegel in nicht zu grosser Entfernung, z. B. 2 bis 3 Ellen von einander, dergestalt auf, dass die Strahlen, welche von dem Brennpunkte des einen Spiegels auslaufen, in dem Brennpunkte des andern Spiegels sich wieder sammeln, so wie in Fig. 2. Tafel I. die punktirten Linien es andeuten. Hängt man nun einen heissen Körper, der aber nicht bis zum Leuchten und Glühen erhitzt zu sein braucht, in den Focus des einen Brennspiegels, z. B. in A, so bemerkt man, wenn man die Hand in den Focus B des andern Spiegels hält, dass sie stark erwärmt wird, und ein hier aufgestelltes Thermometer steigt sogleich bedeutend. Hängt man aber in A ein Stück Eis, und in B ein sehr empfindliches Thermometer — am besten ein Luftthermometer — auf, so sinkt das Thermometer unter die Temperatur der umgebenden Luft herab, und dieses Sinken nimmt noch mehr zu, wenn man etwas fein gestossenen Salmiak auf das Eis streut, wodurch dieses, aus Gründen, die weiter unten entwickelt werden sollen, noch kälter wird. Rückt man das Eisstück von dem Brennpunkt in A weiter weg, z. B. in die Mitte zwischen A und B, so kommt es zwar dem Thermometer näher; dieses fängt aber dessen unge-

achtet wieder an zu steigen, sobald das Eis den Punkt A verlassen hat.

Aus allem dem könnte man den Schluss ziehen, dass es eben sowohl erkältende, als erwärmende Strahlen gäbe; allein die Sache verhält sich nicht so, sondern nach der Erklärung, welche Prevost zuerst davon gab, folgendergestalt. Der Begriff eines strahlenden Stoffes führt nothwendig mit sich, dass ein fortwährendes Ausströmen desselben so lange statt finde, als noch etwas von ihm übrig ist, und ohne alle Rücksicht auf diejenigen Mengen desselben Stoffs, welche von andern benachbarten Körpern ausströmen können. Wenn z. B. zwei Lichter von ungleicher Helligkeit neben einander stehen, so strahlet die schwächere Flamme eben so gut, wie die stärkere, ihr Licht aus, und die Flamme eines Talglichts oder einer Weingeistlampe, die man in den Sonnenschein stellt, hört nicht auf, Licht auszustrahlen, wenn wir es auch nicht mehr bemerken. Alles dieses muss auch von warmen Körpern gelten. — Wenn zwei benachbarte Körper, A und B, gleiche Menge Wärme ausstrahlen, so behalten sie einerlei Temperatur, weil jeder von ihnen eben so viel wieder erhält, als er abgiebt. Wenn aber A mehr Wärme ausstrahlt als B, so empfängt A weniger wieder, als es fahren lässt, und wird sonach kälter; hingegen B, das mehr wieder erhält, als es ausstrahlt, wird mehr erwärmt. Da es durch Versuche dargethan ist, dass die nichtleuchtende Wärme die Eigenschaft besitzt, in Strahlen zu entweichen; so muss es auch wahr sein, dass auch kältere Körper, selbst dann, wenn sie von wärmeren umgeben sind, noch Wärme entweichen lassen, dagegen aber von ihren wärmeren Umgebungen mehr Wärmestrahlen, als sie abgeben, wieder empfangen, und dadurch erwärmt werden müssen. Wenn man daher in dem Brennpunkte A ein Stück Eis, in B aber ein Luftthermometer aufhängt, so sieht man, mit Hülfe der Figur, deutlich ein, dass die Thermometerkugel auf der, dem Spiegel zugekehrten Seite eine grössere Anzahl Wärmestrahlen abgeben muss, als sie in entgegengesetzter Richtung auf gleiche Weise von dem Eisstücke in A wieder empfängt, so dass das Thermometer bloss durch Verlust eines Theils von seiner Wärme, die ihm vom Eise nicht wieder ersetzt wird, zum Sinken gebracht werden muss.

Der ganze Versuch läuft also am Ende darauf hinaus, die Ther-

Thermometerkugel in einem Medium, das mit dem Thermometer im Anfange des Versuches gleiche Temperatur hat, so aufzustellen, dass sie weniger Strahlen wieder empfängt, als sie selbst ausströmt, und daher durch ihr eigenes Ausstrahlen unter die Temperatur der umgebenden Luft herab abgekühlt wird. Es fällt Anfängern mitunter schwer, sich diess zu versinnlichen; es wird aber leicht, wenn man die leuchtenden Strahlen wieder zu Hülfe nimmt und sich vorstellt, dass in dem Brennpunkte des einen Spiegels eine schwarze Kugel, in dem andern aber ein Stück weisses Papier befestiget worden, auf welchem der Brennpunkt einen dunklen Fleck, einen Schatten, bildet, ohne dass man sagen kann, das Dunkle werde vom Spiegel zurückgeworfen. Betrachtet man dagegen die dem Spiegel zugekehrte Seite der schwarzen Kugel, so bemerkt man, dass die Zurückwerfung der Strahlen des Tageslichts von dem in den anderen Brennpunkt gehaltenen Papiere diese Seite der Kugel sehr bedeutend erhellet.

Eine bei der Lehre von den Strahlen der Wärme sich aufdringende Frage, die sich aber zur Zeit noch nicht beantworten lässt, ist folgende: Sind die Strahlen, welche von verschieden erwärmten Körpern ausströmen, gleich warm, aber von ungleicher Dichtheit, d. h. ihrer Zahl nach verschieden? — oder können sie ungleich warm sein? Können aus einem Körper, dessen Oberfläche z. B. 100° Wärmestoff ausstrahlt, und dessen Strahlen von einem Brennspiegel aufgefangen und in einen engeren Raum verdichtet werden, noch mehr als 100° Wärme hervorgelockt werden?

Leslie hat durch höchst interessante Versuche dargethan, dass die Verschiedenheit der Oberfläche der Körper grossen Einfluss auf die Menge der Wärme hat, die sie ausstrahlen können, und folglich auch auf die Länge oder Kürze der Zeit, die sie zu ihrer Abkühlung bis zu der Temperatur der umgebenden Luft bedürfen. Polirte und ebene Flächen strahlen die wenigste, gefurchte und unebene mehr, und die mit Rus schwarz überzogenen die grösste Menge Wärme aus. Um diess zu beweisen, mache man sich einen Würfel von Eisenblech, polire die eine Seite desselben, bedecke die zweite mit einer Glasscheibe, schleife die dritte mit Schmirgel matt, oder überziehe sie mit etwas Quecksilber, und bestreiche die vierte mit Kienrus, oder räuchre sie über brennender

Birkenrinde schwarz. Diesen Würfel fülle man nun mit kochend heissem Wasser, und hänge ihn in den Brennpunkt des einen Brennspiegels, in den andern aber ein Luftthermometer. Man wendet nun zuerst die polirte Seite des Würfels gegen den Spiegel, und beobachtet das Thermometer so lange, bis es nicht mehr steigt; kehrt man dann die Glasseite nach dem Spiegel, so steigt es von Neuem; ist es zum Stillstehen gekommen, und man dreht nunmehr die matte Seite nach dem Spiegel, so fängt es sogleich wieder an höher zu steigen, und wendet man endlich die geschwärzte Seite nach dem Spiegel, so steigt das Thermometer mit grosser Schnelligkeit noch höher. Hieraus sieht man, dass der Würfel durch Ausstrahlen ungleich abgekühlt wird auf allen vier Seiten.

Das Entweichen der strahlenden Wärme trägt in den meisten Fällen mehr zur Abkühlung der Körper bei, als der Wärmeverlust, welcher durch die Erwärmung der umgebenden Luft entsteht. Leslie hing warme Körper im luftleeren Raume auf, wo sie folglich hauptsächlich durch Ausstrahlen erkalten mussten, und fand, dass sie mit polirter Oberfläche um die Hälfte langsamer, mit berusster Oberfläche hingegen nur um den dritten Theil langsamer, als in der Luft, erkalteten, so dass ein Körper im erstern Falle nur halb, im letztern aber zwei Drittel so viel Wärme fahren lässt, als er bei seinem Erkalten in der Luft verliert.

Wenn ein Körper seine Wärme durch Mittheilung an andere, in seiner Nähe befindliche Körper verliert, so findet man, dass gewisse Körper sie sehr schnell aufnehmen, aber auch eben so schnell wieder fahren lassen; andere hingegen sie zwar langsamer aufnehmen, aber auch länger zurückhalten. Die ersteren nennt man Wärmeleiter oder, im gewöhnlichen Leben kalte, die letzteren aber Nichtleiter oder warme Körper. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, die schlechtesten hingegen Luft, Wolle, Haare, Holz, Kohle u. a. m. Beweise von der Verschiedenheit des Leitungsvermögens erhält man, wenn man z. B. einen Theelöffel in die Lichtflamme hält, wo er bald so heiss wird, dass man ihn nicht mehr in der Hand halten kann; dagegen wird ein Stück Kohle durchaus nicht heiss, wenn es auch am andern Ende glüht und brennt. Ein silberner Henkel an einer Theekanne brennt die Hände, wenn man kochend heisses Wasser in die

Kanne giesst; dagegen kann man unter gleichen Umständen Griffe von Holz ohne alle Unbequemlichkeit handhaben. Wenn wir unsere Körper in Kleider von Metalldrath einhüllen wollten, so würden wir im Winter erfrieren, weil die Wärme unseres Körpers unausgesetzt abgeleitet werden würde, statt dass die Kleider aus schlechten Wärmeleitern, z. B. aus wollenen Zeuchen, sie zurückhalten und das Erkalten unsers Körpers durch die äussere Luft verhindern.

Durch eine Reihe von genauen Versuchen hat Despretz erwiesen, dass das relative Wärmeleitungs-Vermögen folgender Körper sich durch die beigefügten Zahlen ausdrücken lässt.

Gold	1000,0
Silber	973,0
Kupfer	898,0
Platin	381,0
Eisen	374,3
Zink	363,0
Zinn	303,9
Blei	179,6
Marmor	23,6
Porzellan	12,2
Mauerstein - Thon	11,4

In flüssigen Körpern pflanzt sich die Wärme auf doppelte Weise fort, theils durch Mittheilung von einem Theilchen zum andern, theils dadurch, dass die erwärmte Flüssigkeit sich ausdehnt, leichter wird, in die Höhe steigt, und dadurch der kälteren Platz macht, die nun auf derselben Stelle erwärmt wird. Wenn man z. B. Wasser, das man mit grob gestossenem Bernstein oder irgend einem anderen leichten Pulver gemengt hat, in ein gewöhnliches Trinkglas giesst, und den Boden des Glases mit Vorsicht über einem Lichte erwärmt, so fängt das Pulver von der Mitte des Bodens an, in die Höhe zu steigen, und fällt an den Seitenwänden des Glases wieder nieder, ungefähr wie Fig. 3. Taf. I. es zeigt, so dass ein Theil Wasser nach dem andern, wie in einem unaufhörlichen Wirbel, über den Boden wegstreicht, und hier erwärmt wird. Hält man dagegen ein heisses S ück Eisen oder etwas ähnliches über das Glas, und erwärmt so das Wasser von oben herunter, so entsteht kein solcher Kreislauf, sondern das wärmere und leichtere Wasser schwimmt immer oben auf, und

das ganze Wasser wird, vermöge seiner leitenden Kraft, nur allmählig, jedoch sehr langsam, von oben nach unten zu, erwärmt.

Wenn man ein cylindrisches Glas mit Wasser füllt, und ein Thermometer so hineinstellt, dass die Kugel desselben nach oben gekehrt ist, und etwa kaum noch eine Linie Wasser über sich hat, dann aber etwas Aether oben auf giesst und diesen anzündet, so brennt derselbe eine Linie über der Thermometerkugel fort, ohne dass das Thermometer eher, als nach einer ziemlichen Weile, zu steigen anfängt, obgleich die Oberfläche der Flüssigkeit unmittelbar vom Feuer berührt wird.

Flüssigkeiten sind daher an und für sich schlechte Wärmeleiter, und leiten nur dann gut, wenn sie von unten erwärmt werden, wo ihnen die, durch Veränderung ihres specifischen Gewichts veranlasste Bewegung zu statten kommt. Wegen dieser Eigenschaft der Flüssigkeiten muss man bei Kochgefässen darauf sehen, dass sie auf dem Boden so weit als möglich sind, damit eine möglichst grosse Oberfläche der Flüssigkeit mit der Wärme in Berührung komme; und wenn man das Kochgefäss inwendig mit dünnen Metallstreifen oder Drath durchzieht, so kann die Flüssigkeit um so schneller durchhitzt werden, weil diese Dräthe den Wärmestoff viel leichter, als die Flüssigkeit selbst, vom Boden aus in die Masse leiten.

Von der Luft wird die Wärme eben so, wie durch das Wasser oder andere Flüssigkeiten, geleitet, nämlich nur dem kleinsten Theile nach durch Mittheilung, grösstentheils aber durch Verminderung der Schwere und Emporsteigen der erwärmten Theilchen. Dadurch entstehen in der Luft eben solche Wirbel, wie sie (nach Fig. 3.) im Wasser statt finden. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn in einem eben erst ausgekehrten Zimmer, worin der Staub noch umherfliegt, die Sonnenstrahlen einen dunklen Körper treffen und erwärmen, wo man über diesem unausgesetzt einen Strom von Staub emporsteigen sieht.

Die Wärme hat die Eigenschaft, in allen Körpern, denen sie mitgetheilt wird, die Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohäsion) zu vermindern. Ihre erste Wirkung auf einen festen nicht krystallisirten Körper äussert sich aber dadurch, dass

sie ihn nach allen Richtungen ausdehnt, so dass z. B. eine Eisenstange, von gewisser Länge, die genau in ein dazu gemachtes Loch passt, nach der Erwärmung nicht allein länger, sondern auch zu dick für dieses Loch wird. Nach dem Erkalten zieht sie sich aber wieder bis zu ihrer anfänglichen Grösse zusammen. Füllt man eine Blase halb mit Luft, und hält sie über ein Kohlenbecken, so fängt die innere Luft an, sich durch die Wärme nach und nach auszudehnen, und spannt die Blase immer mehr und mehr aus, bis diese endlich mit einem Knalle zerspringt, wenn das Volumen der Luft so sehr vergrössert wird, dass es in der Blase nicht mehr Raum hat.

Bei flüssigen und luftförmigen Körpern ist die Ausdehnung, welche durch die Wärme entsteht, in allen Richtungen gleich; aber bei den festen Körpern ist diess nicht ohne Ausnahme. Mitscherlich hat gezeigt, dass Krystalle, durch eine Veränderung in den Wärmegraden, die Winkel verändern, woraus folgt, dass sie in einer Richtung ihr Volumen mehr verändern, als in einer andern. Hiervon machen indessen die Krystalle eine Ausnahme, die zu dem sogenannten regulären Systeme gehören, wie z. B. der Würfel, das Octaeder, das Rhomboidaldodecaeder. Dass in festen Körpern, die keine krystallinische Textur haben, die Ausdehnung nach allen Richtungen gleich sein müsse, folgt daraus, dass ihre kleinsten Theilchen ohne Ordnung in allen Richtungen gegen einander gewendet liegen.

Diese Eigenschaft der Wärme, die Körper auszudehnen, dient uns zur Ausmittelung des Grades ihrer Erwärmung, und das Werkzeug, dessen wir uns dazu bedienen, wird ein Thermometer genannt. Es besteht aus einer feinen Glasröhre, welche an dem einen Ende zu einer Kugel ausgeblasen, und bis zu einer gewissen Höhe mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, Alkohol, Leinöl u. s. w., angefüllt, und über welcher sodann die Röhre luftleer gemacht und zugeschmolzen wird. Man nimmt am liebsten Quecksilber für die Thermometer, weil dessen Ausdehnung mit den Wärmegraden innerhalb gewisser Grenzen in gleichförmigen Verhältnissen bleibt, was bei andern Flüssigkeiten nicht ganz der Fall ist. Alkohol braucht man dagegen theils zu solchen Thermometern, welche kleine Veränderungen der Temperatur angeben sollen, weil Alkohol von der Wärme mehr ausgedehnt wird; theils zu

solchen, womit höhere Kältegrade gemessen werden sollen, weil der Alkohol bei keinem bis jetzt hervorgebrachten Kältegrade zum Gefrieren kommt. — Wenn nun z. B. das Quecksilber in der Kugel erwärmt wird, so dehnt es sich aus und tritt in die Röhre, und muss daher, so oft das Thermometer mit einem wärmenden Körper in Berührung kommt, immer in der Röhre steigen, beim Abkühlen durch einen kälteren Körper aber darin herabsinken.

Die Thermometerröhre wird mit Graden bezeichnet, welche dadurch bestimmt werden, dass man die Kugel zuerst in schmelzenden Schnee eintaucht, und den Punkt, bis zu welchem das Quecksilber herabsinkt, mit 0° bemerkt, dann aber in kochendes Wasser bringt, und den Stand des Quecksilbers mit 100° bezeichnet. Den Raum zwischen beiden Punkten theilt man in 100 gleiche Theile, die man Grade nennt, und man kann die Röhre nach ihrer ganzen Länge graduiren, wenn man auch die Räume über 100° und unter 0° in gleich grosse Grade eintheilt. Bei dieser Graduirung muss man jedoch deshalb vorsichtig zu Werke gehen, weil der Siedepunkt des Wassers, wie ich weiter unten zeigen werde, veränderlich ist, und theils von der Höhe des Barometerstandes, theils von der Höhe der zum Sieden gebrachten Wassersäule abhängt, so dass der Siedepunkt immer höher ausfällt, wenn er entweder bei hohem Barometerstande bestimmt, oder die Thermometerkugel zu tief in die kochende Flüssigkeit eingetaucht worden ist. Deshalb muss auf der Skala eines jeden guten Thermometers der Barometerstand, bei welchem es graduirt worden ist, angegeben werden. Auch ist zu bemerken, dass, nach Gay-Lussac's Beobachtung, das Wasser in metallenen Gefässen bei einer, um 1⅓ Grad niedrigeren Temperatur, als in Glasgefässen, zum Sieden kommt. Die Ursache dieser Erscheinung wird da erklärt werden, wo vom Kochen des Wassers die Rede ist *).

*) Noch ein Umstand, der dabei beobachtet werden muss, ist der, dass die Kugel nicht von gar zu dünnem Glase sein darf; und, wenn die Thermometerröhre über dem Quecksilber luftleer gemacht wird (man sehe den Artikel Thermometer im 9ten Theile), muss der Frostpunkt erst bestimmt werden, nachdem die Oeffnung der Röhre zugeschmolzen ist, weil, da die Kugel nicht vollkommen sphärisch sein kann, die Luft sie etwas zusammendrückt, wodurch der Frostpunkt von einem halben bis einen Grad und darüber erhöht wird.

Den verschiedenen Grad der Erwärmung eines Körpers nennt man seinen **Wärmegrad** oder seine **Temperatur**. Die Grade über 0 werden mit +, die unter 0 mit — bezeichnet, so dass 10° Wärme mit + 10°, und 10° Kälte mit — 10° ausgedrückt werden.

Will man sehr kleine Temperatur-Veränderungen messen, so schliesst man Luft in die Kugel des Thermometers ein, zu welchem Behuf aber die Röhre ein Stück von der Kugel abgebogen werden muss; die Röhre wird dann mit einer dunklen Flüssigkeit, z. B. mit geschwärzter Schwefelsäure, oder mit einer Lösung von Extractivstoff in kaustischem Kali, so gefüllt, dass die Flüssigkeit einen geringen Theil der Kugel mit einnimmt. Wenn nun die in der Kugel eingeschlossene Luft sich ausdehnt, so steigt die dunkle Flüssigkeit in der Röhre in die Höhe und zeigt die Erwärmung an, und umgekehrt. Sobald indessen eine höhere Säule von Flüssigkeit der Ausdehnung der Luft in der Kugel entgegenwirkt, so wird das Instrument zum Messen der Temperatur unzuverlässig, und man bedient sich daher des Luftthermometers nur zu Bestimmung sehr geringer Temperatur-Veränderungen, die an andern Thermometern nicht mit hinreichender Genauigkeit beobachtet werden können, z. B. bei den oben angeführten Versuchen über die kältenden Strahlen.

Dulong und **Petit** haben durch eine Reihe der genauesten Versuche bewiesen, dass die Luft und luftförmige Körper die Eigenschaft besitzen, sich bei gleichem Zuschusse von Wärme, sowohl bei der niedrigsten, als bei der höchsten Temperatur, gleichförmig auszudehnen, dass daher Luft der einzige Körper ist, durch dessen Ausdehnung die relativen Wärmemengen bei ungleichen Temperaturen richtig gemessen werden können, und dass hingegen alle anderen Körper im festen oder tropfbar flüssigen Zustande sich ungleich ausdehnen, und die aus ihnen verfertigten Thermometer sämmtlich unrichtige Resultate geben müssen. Das Quecksilber kommt den luftförmigen Körpern hierin noch am nächsten, und zwischen — 36° und + 100° findet kein merklicher Unterschied zwischen einem Quecksilberthermometer und den

---

Je dicker das Glas in der Kugel ist, und je näher diese einer vollkommenen Sphäre kommt, desto weniger trifft dieser Umstand ein.

Resultaten der Ausdehnung der Luft in einem dazu gehörig eingerichteten Instrumente statt; aber, über die Temperatur von + 100° hinaus geben beide ungleiche Resultate, wie folgende Tafel zeigt:

Quecksilberthermometer.	Luftthermometer.
— 36°	— 35°
0°	0°
+ 100°	+ 100°
150°	148°,70
200°	197°,05
250°	245°,05
300°	292°,70
360°	350°,00

Die Luft ist daher der einzige, zur Messung höherer Wärmegrade taugliche Körper; doch ist noch eine bequeme Art zu deren Anwendung für diesen Behuf zu erfinden.

Bei allen Messungen von Temperaturen, welche eine grosse Genauigkeit erfordern, müssen die Veränderungen mit in Rechnung gebracht werden, welche durch die von der Wärme bewirkte Ausdehnung des Glases veranlasst werden. Dulong und Petit haben gefunden, dass das Glas bei + 100° sich um $\frac{1}{38700}$ desjenigen Raumes ausdehnt, den es bei 0° einnimmt, ferner bei + 200 um $\frac{1}{36300}$, und bei + 300° um $\frac{1}{32000}$. Diese Ausdehnung des Glases veranlasst bei + 100° und 200° eine scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers, welche von der Verengerung der inneren Höhlung der Glasröhre herrührt, und nach Laplace's und Lavoisier's Versuchen auf jeden Grad des 100theiligen Thermometers $\frac{1}{5459}$ vom Volumen des Quecksilbers bei 0° betragen soll, jedoch nicht immer gleich gross ist und im Durchschnitt zu $\frac{1}{5000}$ angenommen werden kann.

Bei + 300° ist die Ausdehnung des Glases bereits so bedeutend, dass alle Regelmässigkeit des Resultats verloren geht. Das Quecksilber dehnt sich nach Dulong und Petit für jeden Grad des 100theiligen Thermometers bei + 100° um $\frac{1}{5550}$, bei + 200° um $\frac{1}{5425}$, und bei + 300° um $\frac{1}{5300}$ desjenigen Raumes aus, den es bei 0° einnimmt. Bei 300 wirklichen Wärmegraden, d. h. nach dem Luftthermometer gemessen, sollte sonach ein Quecksilberthermometer, das

aus einer Masse verfertiget wäre, die mit dem Quecksilber sich gleichförmig ausdehnte, + 314°,15 zeigen; wogegen aber ein auf die gewöhnliche Weise eingerichtetes Thermometer, wegen der bedeutend geringeren Ausdehnung des Glases, nicht mehr als 307°,64 zeigt.

Wollte man sich zum Messen der Temperaturen der folgenden Körper bedienen, so würden, nach Dulong's und Petit's Versuchen, die daraus verfertigten Thermometer bei + 300° des Luftthermometers die bei jedem dieser Körper angegebene Anzahl Grade nachweisen, nämlich:

Eisen	332°,2
Silber	329°,3
Zink	328°,5
Antimon	324°,8
Glas	322°,1
Kupfer	320°,0
Platin	317°,9
Quecksilber	314°,15.

Zur Beurtheilung der Temperatur eines Körpers bedienen wir uns auch oft unseres Gefühls, was aber sehr trüglich ist, weil es von unserer eigenthümlichen Wärme abhängt, und daher, wie diese, veränderlich ist, so dass ein Körper, den wir in der Hand warm finden, uns, an das Gesicht gehalten, kalt vorkommt, weil das Gesicht wärmer als die Hand ist, denn wir nennen Körper warm, welche uns Wärme mittheilen, kalt aber diejenigen, die unserem Körper Wärme entziehen. Kälte ist daher nichts anderes als Mangel an Wärme.

Zur Ausmittelung solcher hoher Temperaturen, bei welchen das Quecksilber in's Kochen gerathen würde, bedient man sich anderer Werkzeuge, welche man Pyrometer oder Feuergradmesser nennt, und von welchen das Wedgewood'sche einige Zeit viel im Gebrauche war. Es besteht aus kleinen Cylindern von einer eigenen Art Thon, welche im Feuer schwinden, und nach deren stärkerer oder geringerer Zusammenziehung man die Höhe des Hitzegrads beurtheilt, welchem sie ausgesetzt waren. Die Ursache des Schwindens ist, dass die kleinsten Theilchen des Thons in diesen Cylindern kein Continuum ausmachen, sondern bloss mechanisch an einander geklebt sind; sobald nun der Thon

erhitzt wird, und sich mehr und mehr dem Schmelzen nähert (was jedoch in unseren gewöhnlichen Feuerstätten unmöglich ist), so backen diese Theilchen zusammen, ganz auf dieselbe Weise, wie eine Masse von Harzmehl auf einem warmen Stubenofen, der aber nicht bis zum Schmelzen des Harzes erhitzt sein darf, schwindet, wenn die einzelnen Stäubchen zusammen zu backen anfangen. Das Pyrometer ist übrigens ein höchst unzuverlässiges Werkzeug, und man muss, um nur einigermassen sichere Resultate damit zu erhalten, immer mehrere Cylinder auf einmal anwenden, und aus ihren verschiedenen Zusammenziehungen die Mittelzahl nehmen. — Man hat noch mehrere andere Pyrometer vorgeschlagen, unter welchen das von Daniel das am meisten anwendbare zu sein scheint. Dieses besteht aus einem Cylinder von Platin, der auf einem Gestelle von Graphittiegelmasse liegt, gegen welche das eine Ende stösst, während das andere durch die Verlängerung des Cylinders durch die Hitze einen Zeiger in Bewegung setzt, der durch seinen längeren Schenkel ganz deutlich selbst sehr kleine Veränderungen der Länge des Cylinders angiebt. Da man damit anfangen kann, die Verlängerung des Cylinders bei Temperaturen zu messen, in denen er mit dem Gange des Quecksilber-Thermometers verglichen werden kann, so kann dieses Pyrometer nach gewöhnlichen Thermometergraden eingetheilt werden. Eine andere Art, die man angegeben hat, um höhere Temperaturen zu messen, ist die, dass man in ein sphärisches oder cylindrisches Gefäss von Platin von einer bestimmten Capacität, das mit einer Ableitungsröhre von demselben Metalle von sehr feinem Kaliber versehen ist, Luft einsperrt, und wenn das Instrument nachher einer höhern Temperatur ausgesetzt wird, man die Luft auffängt, die von der Hitze ausgetrieben worden ist, und ihr Volumen bestimmt. Man weiss nun, welches Volumen die Luft, die das erhitzte Gefäss erfüllt, bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft haben musste, und kann nun, nach der bekannten Ausdehnung der Luft für jeden Grad des Thermometers (wovon gleich die Rede sein soll), mit ziemlicher Sicherheit die Temperatur berechnen. Dieses Instrument hat indessen den Uebelstand, dass jedesmal ein besonderer Versuch nothwendig wird, der, um genau zu werden, Geschicklichkeit erfordert, und der nachher berechnet

werden muss, da hingegen das von Daniel den Feuergrad mit seinen Veränderungen gleich durch blosse Ansicht giebt.

Ob die Temperatur Grenzen habe, über welche sie nicht weiter erhöht oder erniedrigt werden kann, lässt sich nicht bestimmen. Man hat schon viel über eine absolute Abwesenheit der Wärme geschrieben. Dalton, Clement und Desormes, Herapath und mehrere Andere haben versucht, aus bekannten Erfahrungen die Anzahl der Grade unter dem jetzigen Nullpunkt des Thermometers zu bestimmen, bei welcher ein solcher absoluter Nullpunkt eintreffen würde. Die Verschiedenheit der Resultate, zu denen man auf verschiedenen Wegen gelangte, zeigt aber deutlich, dass man immer von unrichtigen Voraussetzungen ausging. Clement, Desormes und Herapath haben die absolute Null zu — $266\frac{2}{3}{}^0$ der hundertgradigen Skala bestimmt. Die Thatsache, die sie dabei zum Grunde legten, ist die Erfahrung von Gay-Lussac, dass die Luft für jeden Grad des Thermometers um 0,0375 von ihrem, beim Gefrierpunkte des Wassers gemessenen, Volumen vermehrt oder vermindert wird, je nachdem die Temperatur steigt oder fällt, wodurch sie also bei $+ 266\frac{2}{3}{}^0$ einen doppelt so grossen Raum, als bei 0°, annehmen muss, und bei — $266\frac{2}{3}{}^0$ ihr Volumen zu 0 reducirt werden würde. Da wir aber die Natur der Wärme so wenig kennen, so müssen wir die Entscheidung dieser Frage vorläufig dahingestellt sein lassen.

Sobald ein fester Körper bis zu einem gewissen Grade erwärmt wird, vermindert sich seine Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohäsion) dergestalt, dass seine kleinsten Theilchen beweglich werden, ihre Lage gegen einander verändern, und mit geringer mechanischer Kraft getrennt werden können. Der Körper wird dann flüssig, und dieser Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand heisst Schmelzung. Ein geschmolzener Körper hat immer eine horizontale, nach der Abrundung der Erde gebildete, und mit dieser concentrische, Oberfläche. Man pflegt einen solchen Körper tropfbar-flüssig, oder besser ein Liquidum, zu nennen, zum Unterschied von Fluidum, was auch von luftförmig flüssigen Körpern gebraucht werden kann. Nach der Verschiedenheit der Körper wird auch eine verschiedene Temperatur zur Hervorbringung dieses Zustandes erfordert, so dass manche

schon bei der gewöhnlichen mittleren Luftwärme, oder noch vor dem Glühen schmelzen, wieder andere einen noch höheren Grad von Hitze dazu erfordern, und endlich manche selbst bei den höchsten Wärmegraden, die wir hervorzubringen im Stande sind, durchaus nicht zum Schmelzen kommen. Quecksilber z. B. schmilzt schon bei — 35°, Wasser bei 0°; Wachs bei + 65°; Zinn bei + 228°; Blei bei + 312°; Kupfer bei + 2530°, und Eisen bei + 12000° u. s. w., wenn man anders diesen letzteren Angaben, die durch Pyrometerversuche ausgemittelt sind, Glauben beimessen darf.

Vermehrt man die Temperatur eines geschmolzenen Körpers noch weiter bis zu einer gewissen Höhe, so wird der Zusammenhang seiner Theilchen noch mehr geschwächt, und der Körper nimmt Luft- oder Gasgestalt an. Dadurch entsteht das Sieden, wobei kleine Blasen des gebildeten Gases durch den noch bloss geschmolzenen Theil des Körpers emporsteigen und auf der Oberfläche zerspringen. Das Sieden oder Kochen ist daher nichts anders, als die Bewegung, welche durch das Aufsteigen eines geschmolzenen Körpers in Luftgestalt hervorgebracht wird. Jeder flüssige Körper, welcher Gasgestalt annehmen kann, siedet, wenn er nicht eingesperrt ist, in freier Luft und bei gewöhnlichem Luftdrucke bei einer bestimmten Temperatur, z. B. Aether siedet bei + 36°, Alkohol bei + 78°, Wasser bei + 100°, Schwefelsäure bei + 326°, Quecksilber bei + 356¼° u. s. f.; und diese Flüssigkeiten können dann nicht über diesen Wärmegrad hinaus erhitzt werden, sondern alle Wärme, die ihnen weiter zugeführt wird, verbindet sich mit einem Theile der Masse, und ertheilt ihr Gasgestalt.

Die Temperatur, bei welcher ein Körper in der Atmosphäre siedet, ist, nach Verschiedenheit des Druckes der letztern, d. h. nach dem verschiedenen Stande des Barometers, veränderlich; eben so bringt, unter übrigens gleichen Umständen, die Höhe der siedenden Flüssigkeit Veränderungen darin hervor. Die Ursache davon ist sehr einfach. Wenn eine Flüssigkeit siedet, so bilden sich am Boden des Gefässes kleine Blasen, welche sowohl die darüberstehende Flüssigkeit, als auch die darauf drückende Luft emporheben müssen, weil beide durch ihre Schwere gemeinschaftlich dahin streben, die Blasen zusammen zu drücken, d. h. im tropfbar flüssigen

Zustande zu erhalten. Daher muss, bei Vermehrung des Drukkes der Atmosphäre oder bei Erhöhung der Säule der Flüssigkeit und des daraus folgenden stärkeren Druckes derselben, auch die Kraft, welche diese Blasen bildet, d. h. die Temperatur, erhöht werden.

Im luftleeren Raume sieden daher die Flüssigkeiten bei bedeutend niedrigeren Temperaturen, als in freier Luft. Das Wasser kann darin bei allen Temperaturen über 0° zum Kochen gebracht werden, wenn man nur solche Vorrichtung trifft, dass dessen untere Schicht um einige Grade wärmer, als die Oberfläche erhalten wird; ist aber dessen Temperatur auf der Oberfläche am höchsten, oder durch die ganze Masse gleichförmig, so steigt das Wasser von seiner Oberfläche in Gasgestalt auf, weil dann kein Umstand vorhanden ist, welcher die Gasbildung im Innern der Masse veranlasste, daher dieselbe nun ohne alles Hinderniss auf der Oberfläche vor sich geht. Man kann sich hiervon durch einen recht artigen und leichten Versuch überzeugen. Man füllt nämlich eine Florentinerflasche (eine von den eirunden Flaschen, in welchen das Tafelöl aus Italien versandt wird) zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser, und pfropft sie mit einem guten Kork fest zu, in welchen vorher eine Glasröhre eingepasst worden, deren aus der Flasche hervorragender Theil zu einer feinen Spitze ausgezogen ist. Man bringt nun das Wasser zum Sieden, schmelzt, nach einviertelstündigem Kochen, und ohne dasselbe zu unterbrechen, die feine Spitze der Röhre wieder zu, und nimmt die Flasche augenblicklich vom Feuer. Beim Sieden ist nun alle Luft durch die Wasserdämpfe ausgetrieben worden; diese letztern aber verdichten sich wieder beim Abkühlen der Flasche, und lassen einen luftleeren Raum über dem Wasser zurück. Wenn man daher die Flasche oberhalb der Flüssigkeit mit einem kalten Körper schnell abkühlt, und damit eine noch grössere Menge Wasserdämpfe verdichtet, so wird der obere Raum noch mehr luftleer, und das Wasser fängt in der Flasche von Neuem an zu kochen. Senkt man die ganze Flasche bis beinahe an den Hals in kaltes Wasser (in einen Glasbecher), so geräth die ganze Wassermasse in der Flasche in ein heftiges Kochen, weil die Wasserdämpfe im oberen Theile derselben durch das sie umgebende kalte Wasser unaufhörlich verdichtet werden, und dieses Kochen dauert so lange fort, bis das Wasser zu einem

gewissen Grade abgekühlt ist, was gewöhnlich gegen eine Viertelstunde dauert.

Gay-Lussac hat die Bemerkung gemacht, dass flüssige Körper leichter in Gas verwandelt werden, wenn sie mit eckigen, rauhen und unebenen Oberflächen in Berührung stehen, als wenn sie von völlig glatten und ebenen Flächen berührt werden. Ich habe schon oben seiner Beobachtung erwähnt, dass Wasser in Metallgefässen bei $1\frac{1}{3}$ Grad niedriger Temperatur, als in Glasgefässen kocht, weil die Oberfläche des Metalls, selbst wenn sie polirt ist, immer noch Unebenheiten behält, die sich an der durch Schmelzung gebildeten Oberfläche des Glases nicht finden. Erhitzt man Wasser in einem Glasgefässe bis zu einem Punkte, wo es eben zu kochen anfangen soll, und wirft dann Eisenfeilspäne, gepulvertes Glas, oder irgend einen andern Körper in Pulvergestalt hinein, so geräth es augenblicklich in heftiges Kochen, so dass es oft überläuft, ungeachtet es durch das zugesetzte Pulver abgekühlt wird, und fährt dann auch fort, bei derselben Temperatur, wie im Metallgefässe, zu kochen. Der Wärmestoff scheint daher von unebenen Oberflächen leichter, als von ebenen, mitgetheilt zu werden, so wie wir weiter unten bei der Elektricität ein gleiches Verhalten werden kennen lernen. Inzwischen kann diess nicht die einzige Ursache jener Erscheinung sein, weil, wenn man in eine Flüssigkeit, in welcher ein Gas aufgelöst und dem Entweichen nahe ist, ein Pulver von gleicher Temperatur mit der Flüssigkeit selbst bringt, ein Theil des Gases von der Oberfläche der Pulverkörnchen aus entwickelt wird.

Das Sieden ist inzwischen nicht die einzige Weise, die Körper in Luftgestalt zu versetzen. Die meisten flüchtigen Körper lassen schon bei der gewöhnlichen Lufttemperatur einen sehr kleinen Theil ihrer Masse fahren, der in Luftgestalt entweicht, und dessen Menge bei erhöhter Temperatur sich vermehrt. Die Körper verlieren dabei unaufhörlich am Umfange, und wenn diess mit Flüssigkeiten der Fall ist, so sagt man, sie trocknen ein. Ihr allmähliges Aufsteigen in Luftgestalt nennt man Verdunstung. Sie geht am leichtesten im luftleeren Raume, in der Luft aber um so langsamer vor sich, je schwerer diese ist, am langsamsten aber in sol-

cher Luft, die mit dem verdunsteten Körper schon stark angefüllt ist.

Um zu zeigen, wie leicht die Verdunstung in einem Raume vor sich gehe, welcher dem Drucke der Luft nicht ausgesetzt ist, hat man ein eigenes Werkzeug erfunden (Taf. I. Fig. 4.). Man bläst an beiden Enden einer Glasröhre Kugeln an, wovon die eine nach aussen zugeblasen, die andere aber in eine feine Spitze ausgezogen wird. Diese Röhre füllt man durch die feine Spitze zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser, und zwar dergestalt, dass man die Kugeln erwärmt, die Luft dadurch austreibt, und sodann die Spitze in's Wasser steckt, welches nun beim Zusammenziehen der Luft während des Abkühlens in die Röhre eindringt. Hierauf stellt man die Röhre in einer etwas geneigten Richtung mit der Spitze nach oben, bringt unter die untere Kugel eine Spirituslampe, und lässt das Wasser ungefähr eine halbe Stunde lang, oder so lange kochen, bis dass die atmosphärische Luft ausgetrieben ist; das Kochen muss sehr gleichförmig unterhalten und aller Luftzug vermieden werden, weil beim Unterbrechen des Kochens sehr leicht wieder Luft durch die Spitze eingezogen wird. Ist das Wasser durch Kochen so weit vermindert, so schmelzt man die Spitze zu, während man die Spirituslampe unter der siedenden Kugel immer tiefer senkt und endlich ganz wegnimmt, sobald die Spitze zugeblasen ist. Diese wird sodann so nahe wie möglich am Umkreise der Kugel abgeschmolzen. Hält man nun (wie Fig. 4. zeigt) die Röhre in schiefer Richtung, so dass in der untern Kugel, die man in die Hand nimmt, noch ein kleiner luftleerer Raum bleibt, so fängt die Oberfläche des eingeschlossenen Wassers durch die Wärme der Hand an zu verdunsten, und es steigt aus der Kugel eine Blase von Wassergas nach der andern in das Rohr. Ist die Vorrichtung gut gemacht und gehörig luftleer, so verdichtet sich jede Luftblase, ehe sie noch die Oberfläche des Wassers im Rohre erreicht, mit einem kleinen Knall, indem das Wasser beim Verschwinden der Blase zusammenschlägt. Man hat dieses Werkzeug deshalb einen Pulshammer genannt, weil ein schnellerer Puls gewöhnlich eine grössere Wärme der Hand, diese aber ein schnelleres Aufsteigen der Luftblasen in der Glasröhre verursacht. Lässt man keinen luftleeren Raum in der Kugel, so erfolgt diese Erscheinung nicht, weil dann keine verduns-

tende Oberfläche gebildet wird und die Wärme der Hand nicht hinreicht, um das Wasser zum Kochen zu bringen.

Diess Alles bezieht sich bloss auf die Verdunstung im luftleeren Raume; sie findet aber auch in der Luft und in andern luftförmigen Körpern statt, und ich werde daher bei der Lehre von der Verdunstung des Wassers in der Luft zugleich von der Verdunstung flüchtiger Körper im Allgemeinen handeln, und die bisher entdeckten Gesetze für diese anführen, die allen verdunstenden Körpern gemeinschaftlich zu sein scheinen.

Einen in Luftgestalt verwandelten Körper nennt man ein Gas, zum Unterschied von Luft, worunter man eigentlich dasjenige Gasgemenge versteht, was unsere Erdatmosphäre ausmacht. Ein Gas ist, wie ein Liquidum, ein flüssiger Körper; allein seine kleinsten Theilchen breiten sich nach allen Richtungen aus, und nehmen daher in unseren Gefässen keine horizontale Oberfläche an.

Bei allen diesen Veränderungen, welche die Wärme in der Aggregatform der Körper hervorbringt, verbinden sich diese mit einem Theile der Wärme, die alsdann einen wesentlichen Bestandtheil der flüssigen Körper ausmacht, ohne welchen sie nicht flüssig sein könnten, und welcher sich nun weder durch das Thermometer, noch auch unserem Gefühle mehr offenbaret. Diese Wärme nennt man gebundene (latente) Wärme, zum Unterschiede von derjenigen, welche die Körper ohne Veränderung ihrer Aggregatform aufnehmen und fahren lassen können, und welche immer auf unser Gefühl und auf das Thermometer wirkt, und deshalb freie Wärme genannt wird.

Zur Erläuterung dieses Gegenstandes diene folgendes Beispiel: Man stelle zwei Schalen, wovon die eine ein Pfund eiskaltes Wasser, die andere aber eben so viel schmelzenden Schnee enthält, nicht weit von einander auf einen geheizten Stubenofen. Nach einer Weile wird man finden, dass die Schale mit Wasser schon wärmer als vorher ist, und endlich lauwarm wird, dagegen aber die andere Schale, worin der Schnee im Schmelzen ist, noch eben so kalt ist, als vorher, ungeachtet sie eine gleiche Menge Wärme erhalten hat. Diess rührt daher, dass alle Wärme, welche der Schnee empfängt, sich mit ihm zu flüssigem Wasser vereinigt, also

gebun-

gebunden wird, und daher weder auf das Thermometer, noch auf unser Gefühl mehr wirken kann. Ist aber aller Schnee geschmolzen, und wird daher keine Wärme mehr gebunden, so fängt auch diese Schale an, sich zu erwärmen, oder freie Wärme zu erhalten.

Wenn Wasser, nicht durch Erkältung, sondern durch Einwirkung irgend einer andern Kraft, feste Gestalt annimmt, so entwickelt sich seine gebundene Wärme auf einmal, wird frei und erzeugt eine starke Hitze. Wenn man z. B. gewisse Salzauflösungen in der Wärme bis zu einem gewissen Grade stark abdampft, und dann abkühlen lässt, so bleibt die Flüssigkeit bei völliger Ruhe klar und unverändert; rührt man sie aber um, so erstarrt die Salzmasse auf einmal, und wird durch die gebundene Wärme, durch welche sie flüssig erhalten wurde, die aber im Augenblicke des Erstarrens wieder frei wird, erwärmt. Eben so wird Wasser, das man bei vollkommener Ruhe einer Kälte von — 3° bis — 5° aussetzt, bis zu — 3° und — 5° abgekühlt, ohne zu gefrieren; schüttelt man es aber dann schnell um, so gefriert es sogleich, und ein hineingesetztes Thermometer steigt von dem Kältegrade, den das Wasser hatte, bis 0, weil nunmehr die gebundene Wärme des Wassers augenblicklich frei wird.

Wenn ein Körper aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, so vereinigt er sich mit einer noch weit grösseren Menge Wärme, die, so lange der Körper seine Gasgestalt behält, vom Thermometer nicht angegeben wird. Daher kann eine Flüssigkeit nicht über ihren Siedepunkt hinaus erhitzt werden, weil alle Wärme, die sie nachher noch erhält, gebunden und vom aufsteigenden Gase fortgeführt wird. Dabei ist der Umstand noch zu bemerken, dass viele Körper, welche Gasgestalt angenommen haben, weder durch Erkalten, noch durch Zusammendrücken, noch durch beides zusammen, wieder zur flüssigen oder festen Gestalt gebracht oder von ihrer Wärme wieder getrennt werden können. Solche Körper nennt man beständige oder permanente Gase; Beispiele davon liefern das Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas u. m. a. Durch Verbindung mit andern Körpern können sie eben so, wie sich das Wasser mit gebranntem Kalk vereiniget, zur festen oder flüssigen Gestalt übergehen, wobei sich ihre Wärme ausscheidet, frei und fühlbar wird. Jedes

Gas hat daher zwei Hauptbestandtheile, Wärme und einen wägbaren Stoff, von welchem es seinen Namen erhält.

Die Gase, welche durch Zusammendrückung oder Abkühlung in den festen oder tropfbar-flüssigen Zustand versetzt werden können, theilen wir, hinsichtlich der Leichtigkeit, womit diess geschieht, in zwei Klassen ein. *a*) Coërcible Gase, welche bei dem gewöhnlichen Druck und gewöhnlicher Temperatur der Luft ihre Gasform behalten, aber die bei einem Drucke, der wenigstens drei Atmosphären entsprechen muss, oder bei einer Abkühlung, die dem Gefrierpunkte des Quecksilbers sich nähert, oder noch unter demselben ist, sich verdichten lassen. Wir haben diese Gasarten lange für permanente angesehen, bis Faraday neuerlich gezeigt hat, dass sie durch einen erhöhten Druck tropfbar-flüssig werden können. So z. B. hat er Chlorwassertoffgas, Chlorgas und Chloroxydgas, beide Oxyde des Stickstoffes, kohlensaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, Ammoniakgas und Cyangas in tropfbar-flüssigem Zustand dargestellt, wenn sie einem erhöhten Druck ausgesetzt wurden, der für ungleiche Gase ungleich ist, z. B. für Cyangas kaum vier Atmosphären, für kohlensaures Gas einige dreissig, und für Stickstoffoxydul, bei $+ 7^{0}$, funfzig Atmosphären. Bussy hat nachher gezeigt, dass durch ungewöhnlich hohe Kälte-Grade zum Theil dieselben Resultate erhalten werden, die Faraday bekommen hat. Ich werde bei jedem einzelnen dieser Körper mittheilen, was man in dieser Hinsicht ausgemittelt hat. *b*) Unbeständige Gase, die durch Kochen von Körpern, welche bei der gewöhnlichen Temperatur und dem gewöhnlichen Druck der Luft fest oder tropfbar-flüssig sind, wie z. B. Aether, Alkohol, Wasser, Schwefel, verschiedene Metalle u. s. w., gebildet werden. So lange man diese Körper in einer Temperatur erhält, die ihren Siedepunkt übersteigt, so behalten sie Durchsichtigkeit, Elasticität und alle Eigenschaften eines Gases; sobald sie aber einen kalten Körper berühren, theilen sie diesem ihre gebundene Wärme mit, erwärmen denselben, und das Gas sammelt sich nun um ihn in flüssigen Tropfen, oder schiesst in fester Gestalt an ihn an.

Kommt ein solches Gas an die freie Luft, so wird ihm seine Wärme von dieser entzogen, und in jedem Punkte derselben ein kleiner Theil davon abgesetzt, so dass die Luft

davon undurchsichtig wird und gleichsam eine Art Nebel bildet. In diesem Zustande ist es aber nicht mehr Gas, sondern bildet bloss feste oder flüssige, in der Luft schwimmende Theilchen, die sich noch nicht haben ansammeln können, und erhält dann den Namen Dampf oder Dunst. Wenn man z. B. in einem Glasgefässe, welches zu einer feinen Röhre ausgezogen ist, Wasser zum Sieden bringt, so findet man das Wassergas im Gefässe oberhalb der Flüssigkeit völlig durchsichtig; sobald es aber aus der Röhre hervortritt, wird es augenblicklich trübe, und bildet eine mehr oder weniger dicke Wolke, welche daher entsteht, dass das Wassergas, welches innerhalb des Gefässes genug Wärme gebunden hatte, um seine Luftgestalt und Durchsichtigkeit zu behalten, in der Luft abgekühlt und in unendlich kleinen Tropfen, oder richtiger, in kleinen Bläschen niedergeschlagen wird, welche jene Wolke bilden.

Unter dem Namen Dämpfe verstehen Manche diejenigen Gase, welche durch Kochen gebildet werden, sowohl in ihrem vollkommen gasförmigen, als im schon gefällten, oder eigentlich dunstförmigen Zustande; diess ist jedoch unrichtig. Es liegt in der Natur der unbeständigen Gasarten, dass sie weit leichter als die coërciblen bei der zu ihrem Gaszustande erforderlichen Temperatur zu flüssigen oder festen Körpern zusammengedrückt werden können; daher kommt es auch, dass der Kochpunkt, wobei sie gebildet werden, bei einem erhöhten Drucke in demselben Verhältniss höher wird. Wenn die beständigen oder coërciblen Gasarten einem erhöhten Druck ausgesetzt werden, der indessen nicht hinlänglich ist, um die coërciblen zu verdichten, so vermindert sich ihr Volumen, aber ihre Spannkraft, d. h. der Druck, den sie auf die Wände des sie umschliessenden Gefässes ausüben, wird in demselben Verhältniss vermehrt, als der Druck zunimmt. Diess gilt jedoch nicht für sehr hohe Grade von Druck. Oersted hatte schon gefunden, dass coërcible Gasarten durch einen Druck, der nahe demjenigen liegt, wodurch sie condensirt werden, eine grössere Volumen-Verminderung erleiden, als diesem Druck proportional ist; Despretz hat diess ausser allen Zweifel gesetzt, indem er zeigte, dass sogar Wasserstoffgas, welches nicht condensirbar ist, bei einem Drucke von 15 bis 20 Atmosphären mehr an Condensation zunimmt, als dem Drucke pro-

portional ist. Die unbeständigen Gase werden auf diese Weise durch verstärkten Druck nicht allein stärker zusammengedrückt, sondern ein Theil davon wird sogleich in tropfbar-flüssiger Gestalt abgesetzt. In scheinbarem Gegensatz hiermit hat Cagniard de la Tour gezeigt, dass flüchtige Flüssigkeiten in einem gesperrten Raume durch eine erhöhte Temperatur in Gasform verwandelt und in einen Raum geschlossen werden können, der einige wenige Multipla von dem des flüssigen Körpers ausmacht; und dabei fand man zugleich, dass das Gas einen beträchtlich geringeren Druck auf die Wände des Gefässes ausübt, als aus der Berechnung von dem Raume, den es einnimmt, verglichen mit dem, den es bei derselben Temperatur einnehmen sollte, folgen musste. Cagniard de la Tour schloss Aether, Alkohol, Naphta, Terpenthinöl und Wasser in kleine Röhren von Glas ein, die von jeder Flüssigkeit bis zur Hälfte gefüllt wurden, worauf das offene Ende der Röhre, ohne dass die Luft vorher durch Kochen ausgejagt war, zugeschmolzen wurde. Als die Röhre nachher mit Behutsamkeit erhitzt wurde, verwandelte sich die eingeschlossene Flüssigkeit in Gas. Der Aether nahm bei $+ 160^{\circ}$ Gasform in einem Raum an, der kaum zweimal das Volumen des Aethers einnahm, und übte dabei einen Druck von 37 bis 38 Atmosphären aus; Alkohol nahm bei $+ 207^{\circ}$ in einem Raume Gasform an, der ungefähr dreimal das Volumen des flüssigen Alkohols betrug, und übte dabei einen Druck von ungefähr 119 Atmosphären aus. Wasser zersprengte gewöhnlich das Glas, weil es die Masse desselben aufzulösen anfing, aber durch einen Zusatz von etwas kohlensaurem Natron glückte es, diese schädliche Wirkung zu verhindern, und bei der Schmelzhitze des Zinkes erhielt sich das Wasser in Gasform eingeschlossen in einem Raume, viermal grösser, als das Volumen des flüssigen Wassers.

Wenn wir uns Rechenschaft zu geben suchen von dem Vermögen der Wärme, das Volumen der Körper zu ändern, so gewinnen wir eine leichtere Vorstellung, wenn wir annehmen, dass die Körper aus unendlich kleinen Theilchen bestehen, die von Wärme umgeben seien, so dass sie sich nicht einander berühren. Wird die Menge der Wärme, die in einen Körper eindringt, vermehrt, so wird auch der Abstand zwischen den kleinsten Theilchen vermehrt, und das Volumen

des Körpers wird grösser. Die Beschaffenheit des Aggregatzustandes, in welchem ein Körper sich befindet, beruht nach de Laplace auf dem gegenseitigen Verhalten dreier Kräfte. Diese Kräfte sind: *a*) Die Attraction eines jeden der kleinsten Theile zu den übrigen kleinsten Theilen, welche ihn umgeben, wodurch sie sich einander so viel wie möglich zu nähern streben. *b*) Die Attraction eines jeden der kleinsten Theile zu der Wärme, welche die andern nahe liegenden Theile umgiebt. *c*) Die Repulsion zwischen der Wärme, die jedes kleinste Theilchen umgiebt, welche Kraft die kleinsten Theile des Körpers zu trennen strebt. Wenn die erste von diesen Kräften überwiegend ist, so ist der Körper fest; wenn die Menge der Wärme vermehrt wird, so wird bald die zweite Kraft herrschend, die kleinsten Theile bewegen sich dann mit Leichtigkeit, und der Körper ist flüssig. Die kleinsten Theile werden indessen noch durch die Attraction zu der nahe liegenden Wärme innerhalb desselben Raumes, den der Körper vorher einnahm, zusammengehalten, ausser an der Oberfläche, wo die Wärme ihn trennt, d. h. die Verdunstung verursacht, bis dass irgend ein Druck die Trennung hindert. Wenn die Menge der Wärme so vermehrt wird, dass ihre gegenseitige Repulsionskraft die Attraction der kleinsten Theile zu einander überwindet, so verbreiten sie sich nach allen Richtungen, so lange sie kein Hinderniss finden, und der Körper nimmt Gasform an. Dass in dem Gaszustand, in welchen Cagniard de la Tour einige flüchtige Flüssigkeiten gebracht hat, der Druck nicht dem entspricht, den er nach der Berechnung haben müsste, scheint davon herzurühren, dass, wenn die kleinsten Theile nicht Gelegenheit bekommen, sich weit zu trennen, die beiden ersten Kräfte noch wirken, und dadurch die Spannkraft des Gases hindern, welche sich erst mit ihrer ganzen Stärke einstellt, wenn die kleinsten Theile so weit von einander getrennt sind, dass der Einfluss dieser Kräfte aufhört.

Indessen nicht allein zwischen den gleichartigen Theilchen eines Körpers erregt die Wärme Repulsion, auf welcher Eigenschaft die Ausdehnung der Körper und die durch die Wärme veränderten Aggregationsformen beruhen. Auch zwischen ungleichartigen Körpern, die in keinem unmittelbaren Zusammenhange mit einander befindlich sind, erregt die

Wärme eine Repulsion, die sich in vielen Fällen wahrnehmen lässt. — Man glaubt bemerkt zu haben, dass schon geringe Temperatur-Erhöhungen eine Entfernung zwischen leichten und leichtbeweglichen Körpern von einander verursachen, inzwischen könnte diess auch von einem Luftstrom abgeleitet werden, welcher, selbst unter dem Recipienten der Luftpumpe, so verdünnt er auch darin sei, die Erscheinung verursachen könnte. Es giebt aber andere Ursachen, welche keinen solchen Einwurf gestatten. Lässt man z. B. einen Platintiegel über einer Argand'schen Spirituslampe weissglühend werden und lässt einen Tropfen Wasser hineinfallen, so breitet sich dasselbe nicht wie gewöhnlich über das Metall aus, sondern behält seine sphärische, oder bei einem grösseren Tropfen, seine sphäroidische Form; statt in's Kochen zu gerathen, kommt das Wasser in eine rotirende Bewegung, und bis es sich verflüchtigt hat, dauert viel länger, als wenn das Metall nur einige Grade über + 100° erhitzt ist, wo sich der Tropfen darüber ausbreiten kann. Dabei erhält sich, auffallender Weise, die Temperatur des Tropfens bedeutend unter + 100°. Bedeckt man den Tiegel mit einem Deckel, und lässt nur eine kleine Oeffnung dazwischen offen, so sieht man, wenn auch der Deckel glühend geworden ist, nichts weiter, als dass der Tropfen in dem überall glühenden Raume selbst glüht, und von dem glühenden Metall berührt wird. Lässt man aber den Tropfen in die Hand fallen, so fühlt man, dass er nicht einmal kochendheiss ist. Diese Erscheinung ist so zu erklären, dass zwischen dem glühenden Metall und dem Wassertropfen eine starke Repulsion statt findet, und das Wasser den Wirkungen der Anziehungskraft zwischen seinen kleinsten Theilchen und denen der Schwerkraft folgt, woraus die sphäroidische Gestalt eines grösseren Tropfens hervorgeht. Es kocht nicht, weil es nicht unmittelbar das Metall berührt, von welchem es in Folge der gegenseitigen Abstossung abgehalten wird; allein es rotirt, weil da, wo der Tropfen dem Metalle am nächsten ist, Dampf gebildet werden muss. Die Langsamkeit der Verdunstung hängt gänzlich davon ab, dass der Tropfen die kleinste mögliche Oberfläche darbietet. Der Umfang der Kugel vermindert sich beständig, bis sie endlich ganz verschwindet. Lässt man den Tiegel erkalten, während der Tropfen noch vorhanden ist, so breitet sich derselbe, beim Eintritt einer noch

nicht bestimmten, unbedeutend über + 100° liegenden Temperatur, über das Metall aus, verwandelt sich gänzlich in Oberfläche, und kocht mit zischendem Geräusch in einem Augenblick weg. Gegen eine Repulsion, als Ursache dieses Verhaltens eines Wassertropfens, hat man eingewendet, dass dasselbe durch blosse Aufhörung der Anziehung zwischen dem Wasser und dem Metall statt finden müsse; allein abgesehen von den von Perkins angeführten Versuchen mit in einem Metallcylinder stark erhitztem Wasser, dessen Dampf in Folge der Repulsionskraft verhindert wurde, aus einem den Cylinder gebohrten Loche von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser herauszudringen, — Versuche, deren vollkommene Richtigkeit noch fernerer Bestätigung bedarf, — giebt es noch andere eben so einfache und leicht ausführbare, als beweisende Versuche. Zum Beispiel, schmilzt man an das Ende eines Platindraths eine kleine Menge Borax oder saures phosphorsaures Natron und erhitzt dieses Ende mittelst des Löthrohres so stark wie möglich, so entfernt sich der geschmolzene Tropfen von dem am stärksten erhitzten Punkte um so weiter, je stärker die Hitze ist; was nicht allein statt findet, wenn man den Drath horizontal, sondern auch, wenn man ihn so geneigt hält, dass der Tropfen aufwärts zu steigen genöthigt wird. Hier muss also eine Kraft wirkend sein, welche die Schwerkraft überwindet, und sie ist in der gegenseitigen Abstossung des Tropfens und des erhitzten Metalls begründet.

Verschiedenartige Körper können bei gleichen Wärmegraden dennoch verschiedene Mengen Wärme enthalten,* oder mit andern Worten: von zwei gleich kalten Körpern, die bis zu gleichem Grade erwärmt werden sollen, kann der eine mehr Wärme hierzu erfordern, als der andere. Diese ungleiche Menge Wärme, welche die Körper bei gleicher Temperatur enthalten, heisst ihre eigenthümliche (specifische) Wärme. Von einem Körper, welcher eine grössere eigenthümliche Wärme, als ein anderer, besitzt, sagt man, er habe eine grössere Capacität für Wärme; diese Eigenschaft steht aber mit der Dichtigkeit der Körper in keinem Zusammenhange, da oft ein dichter Körper eine grössere eigenthümliche Wärme besitzt, als ein minder dichter, und umgekehrt.

Wenn man gleiche Theile eiskaltes und siedendheisses Wasser mit einander mengt, so nimmt das Gemenge nachher

eine Wärme von 50° an, weil das warme und kalte Wasser einerlei Wärme-Capacität besitzen. Mengt man hingegen eiskaltes Wasser mit einer gleichen Gewichtsmenge bis zu + 100° erwärmten Quecksilbers, so nimmt das Gemenge nur eine Temperatur von + 3° an, und folglich braucht das Quecksilber, um bis zu + 97° erwärmt zu werden, nicht mehr Wärme, als das Wasser zu seiner Erwärmung bis zu + 3° bedarf. Mengt man gleiche Gewichtstheile + 100° warmes Wasser und 0° kaltes Quecksilber zusammen, so wird aus demselben Grunde das Gemenge eine Temperatur von + 97° zeigen, weil das Wasser nur 3° herzugeben braucht, um das Quecksilber bis auf 97° zu erwärmen. Das Wasser enthält demnach bei gleichem Wärmegrade ziemlich 33mal soviel Wärme, als das Quecksilber. Zur Vergleichung der eigenthümlichen Wärme fester und flüssiger Körper bedient man sich gewöhnlich, wie bei Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts, des Wassers zum Massstabe, dessen eigenthümliche Wärme = 1,000 angenommen wird. Die eigenthümliche Wärme des Quecksilbers beträgt hiernach 0,033. Bei Bestimmung der eigenthümlichen Wärme der Gasarten hingegen nimmt man die eigenthümliche Wärme der Luft als Einheit an, und setzt sie = 1,000.

Da sich indessen nicht alle Stoffe auf die angegebene Weise mengen lassen, und überhaupt während des Mengens viel Wärme von der Luft und den übrigen Umgebungen fortgeführt wird, so hat man zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper ein eigenes Instrument erfunden, welches den Namen Calorimeter erhalten hat. Es besteht in der Hauptsache aus einer Eiskugel, in welche die Körper, deren specifische Wärme zu untersuchen ist, hineingelegt werden. Die Eiskugel wird auswendig noch mit einer sie nicht berührenden Lage von Eis umgeben, so dass sie fortdauernd auf 0 erhalten wird und durch die Temperatur der umgebenden Luft nicht geschmolzen werden kann. Wenn man nun einen Körper von bestimmtem Gewichte, und der bis zu einem gewissen Grade über 0 erwärmt ist, in die Eiskugel auf ein darin angebrachtes Gestelle legt, so muss derselbe bei seiner Abkühlung bis zum Gefrierpunkte eine gewisse Menge Eis schmelzen, die mit der Menge seiner eigenthümlichen Wärme im Verhältnisse steht. Die Calorimeter sind daher so eingerichtet,

dass man das geschmolzene Wasser auffangen und wägen kann; die eigenthümliche Wärme der Körper verhält sich wie das Gewicht des Eises, welches sie bei ihrem Erkalten geschmolzen haben. Wenn man z. B. in die Eiskugel des Calorimeters 2 Loth Wasser von + 40° Wärme stellt, so schmilzt dasselbe z. B. 1 Loth Eis; stellt man hingegen 2 Loth Quecksilber von gleicher Temperatur hinein, so schmelzen diese nur $\frac{33}{1000}$ Loth des Eises. Da auf dieselbe Weise 2 Loth Eisen von + 40° nur $\frac{110}{1000}$ Loth Eis, oder etwas darüber, schmelzen, so muss dessen eigenthümliche Wärme 0,110 sein, u. s. w.

Das Thermometer bestimmt daher den Wärmegrad eines Körpers, das Calorimeter hingegen seine Wärmemenge bei einem gegebenen Wärmegrade.

Dulong und Petit haben sich eines andern Verfahrens zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper bedient, welches sich auf den Umstand gründet, dass die Körper desto langsamer in einem gegebenen Medium und unter übrigens gleichen Bedingungen erkalten, je grösser ihre eigenthümliche Wärme ist. Ihre Methode geht also darauf hinaus, den Zeitraum zu bestimmen, in welchem verschiedene Körper, von einer gewissen gegebenen Temperatur an, und unter übrigens gleichen Umständen, erkalten. Zu diesem Behuf bedienen sie sich eines kleinen cylindrischen Gefässes von dünnem Silberbleche, welches äusserlich blank ist, und in dessen Axe ein Thermometer eingesetzt wird, dessen Röhre durch ein dazu bestimmtes Loch im Deckel des Gefässes geht. Der Körper, dessen eigenthümliche Wärme untersucht werden soll, wird gepulvert und so in den Cylinder eingefüllt, dass die Thermometerkugel mitten in die Masse desselben zu stehen kommt. Dadurch wird gewonnen, dass die Oberfläche immer gleich gross und stets gleichförmig ausstrahlend bleibt. Hierauf wird der Cylinder erhitzt und unter einen Recipienten gebracht, welcher luftleer gepumpt werden kann. Sobald der Cylinder so weit erkaltet ist, dass das in seinem Innern befindliche Thermometer noch eine um 10° höhere Temperatur zeigt, als der Raum, worin der Versuch geschieht, bemerkt man diesen Grad und bemerkt die Zeit, welche der Cylinder bedarf, um zu einer Temperatur, welche die ihn umgebende Luft um 50° übersteigt, zu erkalten. Dadurch, dass der

Cylinder im luftleeren Raume erkaltet und seine Aussenseite wegen ihrer polirten Oberfläche wenig Wärme ausstrahlt, wird die Zeit, in welcher er erkaltet, verlängert, und die Resultate werden zuverlässiger; um aber die eigenthümlichen Wärmegrade daraus zu berechnen, ist eine Rechnung nothwendig, deren Auseinandersetzung ausser den Grenzen eines chemischen Lehrbuchs liegt.

Dulong und Petit haben gefunden, dass die eigenthümliche Wärme mit der Temperatur zunimmt. So beträgt z. B. die des Eisens, nach den aus ihren Versuchen abgeleiteten Mittelzahlen, zwischen 0° und 100° = 0,1098; zwischen 0° und 200° = 0,1150; zwischen 0° und 300° = 0,1218; und endlich zwischen 0° und 350° = 0,1255. Folgende Tafel zeigt die Unterschiede zwischen der eigenthümlichen Wärme der folgenden Körper nach der Mittelzahl zwischen 0° und 100°, und 0° und 300°.

	Eigenthümliche Wärme nach einer Mittelzahl	
	zwischen 0° u. 100°	zwischen 0° u. 300°.
Quecksilber	0,0330	0,0350
Zink	0,0927	0,1015
Antimon	0,0507	0,0549
Silber	0,0557	0,0611
Kupfer	0,0949	0,1013
Platin	0,0335	0,0355
Glas	0,177	0,190.

Die Wärme-Capacität der Körper kann durch mancherlei Ursachen verändert werden, und es entsteht bei jeder solchen Veränderung Wärme oder Kälte, je nachdem die Capacität entweder vermindert und ein Theil der eigenthümlichen Wärme des Körpers frei, oder erhöht und dabei mehr Wärme von den benachbarten Körpern aufgenommen wird. Durch Druck erleidet die Wärme-Capacität eine Verminderung, und es wird Wärme dabei frei; z. B. wenn ein Metall gehämmert oder zu Drath gezogen wird, so vermindert sich sein Volumen, es wird dichter und verliert an eigenthümlicher Wärme.

Auch die Luft und die gasförmigen Körper überhaupt haben eine verschiedene Capacität für die Wärme; ihre geringe

Masse machte es anfänglich sehr schwierig, sich davon zu überzeugen und ihren relativen Werth zu messen. Der erste, einigermassen richtig ausgeführte Versuch der Art ist von De la Roche und Bérard; allein ihre Resultate wurden kurz darauf von Haycraft, und später von A. de la Rive und F. Marcet über den Haufen geworfen, indem diese zu finden glaubten, dass alle Gase gleiche specifische Wärme haben. Nicht lange nachher indessen bewies Dulong, dass dieses Resultat auf einem Irrthume beruhe, dass die Gase der einfachen Körper dieselbe Capacität für Wärme haben, nicht aber die Gase der zusammengesetzten Körper, deren Wärme-Capacität indessen in einem bestimmten Verhältniss zu ihrer Zusammensetzung zu stehen scheint, wiewohl dasselbe noch nicht durch Versuche ausgemittelt ist. Zu seinen Versuchen schlug Dulong einen ihm ganz eigenthümlichen Weg ein. Er bestimmte nämlich die ungleichen Töne, welche die Gase geben, wenn sie in reinem und wasserfreien Zustand, unter gleichem Druck und bei einer bestimmten Temperatur aus einer und derselben Flöte geblasen wurden, und berechnete daraus ihre specifische Wärme, nach Prinzipien, deren Exposition ausser den Grenzen dieses Werkes liegt. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate von Dulong's meisterhafter Untersuchung:

Namen der Gase.	Töne einer u. derselben Pfeife von 60 Centimet. Länge.	Zahl der Schwingungen in einer Sexagesimalsecunde.	Temperatur nach der Centesimalskale.	Beim Calcul für die Dichten der Gase genommene Zahlen.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls bei 0° C., nach d. Newton'schen Formel.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls bei 0° C., abgeleit. aus d. Tone eines jeden Gases.	Verhältniss der spec. Wärme bei constantem Druck zur spec. Wärme bei constantem Volumen.	Spec. Wärme bei constantem Volumen, die der Luft zur Einheit genommen.	Spec. Wärme b. const. Druck, d. der Luft zur Einheit genommen.	Spec. Wärme bei const. Druck nach d. Beobacht. v. de la Roche u. Bérard.	Temperaturerhöh. durch eine Verdicht. v. $\frac{1}{267}$ des ursprüngl. Vol., bei 0° u. unter 0m,76 vorausgesetzt.
No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.	No. 11.	No 12.
Atmosph. Luft	*ut*1	500,4	22°	1	279m,29	333m	1,421	1	1	1	0°,421
Sauerstoffgas	+*si*—1	474,9 475,2 474,5	21	1,1026	266	319,17	1,415 1,417 1,413	1	1	0,976	0,421
Wasserstoffgas	—*si* 3	1883,6 1881,	17	0,0688	1064,8	1269,5	1,409 1,405	1	1	0,903	0,421
Kohlensäuregas	*sol*—1	393,18 392,68	22 20,5	1,524	226,24	261,6	1,337 1,340	1,249	1,175	1,258	0,337
Kohlenoxydgas	+*ut* 1	501,3 503,07	15	0,974	283	337,4	1,423 1,433	1	1	1,034	0,423
Stickstoffoxydgas	*sol*—1	392,7	20,5	1,527	226	261,9	1,343	1,227	1,16	1,35	0,343
Oelbildend. Gas.	—*si*—1	466,9	16	0,981	281,99	314	1,240	1,754	1,531	1,553	0,240

Die Zusammenstellung in der zehnten und elften Columne von Dulong's Resultaten mit denen von De la Roche und Bérard zeigt, dass die Letztgenannten dem wahren Verhältniss ziemlich nahe gekommen waren. Die neunte Columne, verglichen mit der zehnten, oder das Verhältniss der specifischen Wärme bei constantem Druck, verglichen mit dem bei constantem Volumen, zeigt, dass zusammengesetzte Gase sich wie die Gase einfacher Körper verhalten, erstens darin, dass gleiche Volumina von allen Gasarten, bei gleicher Temperatur und gleichem Druck genommen, absolut eine und dieselbe Quantität Wärme einsaugen oder abgeben, wenn sie zu einem und demselben Bruchtheil ihres Volumens schnell ausgedehnt oder zusammengedrückt werden; und zweitens darin, dass die hierbei entstehenden Temperatur-Veränderungen sich umgekehrt wie deren specifische Wärme bei constantem Volumen verhalten.

Clement und Desormes haben durch Versuche zu zeigen gesucht, dass auch der leere Raum eine eigenthümliche Wärme habe, die sie so hoch schätzen, dass sie bei $+ 12\frac{1}{2}^{\circ}$ ein gleiches Volumen Luft von $12\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $+ 114$ sollte erhitzen können. Gay-Lussac hat aber durch einen sinnreichen Versuch gezeigt, dass eine solche eigenthümliche Wärme des leeren Raumes nicht existirt, indem er im leeren Raume eines ungewöhnlich weiten Barometers ein empfindliches Luftthermometer einschloss, das $\frac{1}{100}$ eines Grades der Centesimal-Skale deutlich anzeigte. Wenn der leere Raum nun wirklich eine eigenthümliche Wärme enthält, so musste, wenn dieser Raum, durch Fallen oder Steigen des Quecksilbers, plötzlich ausgedehnt oder vermindert wird, das Thermometer sichtbar steigen oder fallen, was aber nie geschah. Wenn er aber auch nur die kleinste Menge Luft hineinliess, so stieg das Thermometer augenblicklich, als man das Quecksilber in der Barometerröhre höher aufsteigen liess. Der leere Raum scheint daher nur strahlende Wärme enthalten zu können.

Bekanntlich wird auch durch Reiben Wärme erregt; wie sie aber dabei entstehe, ist nicht ausgemittelt. Graf Rumfort stellte einen Versuch an, die beim Bohren einer Kanone sich entwickelnde Wärme zu bestimmen, und fand, dass durch das Abdrehen einiger wenigen Loth Bohrspäne eine Pfund Wasser bis zum Sieden erhitzt und beim Fortsetzen des Bohrens im

Kochen erhalten werden konnte. Wenn man den Unterschied zwischen der eigenthümlichen Wärme des Eisens und Wassers kennt, sieht man leicht ein, dass hierbei die Wärme nicht durch die stärkere Zusammenpressung der Bohrspäne erregt worden sein kann. Wenn der Schmied einen Nagel hämmert, bis er glühend wird, ungeachtet er durch das Hämmern zusammengeschlagen wird, so kann doch der glühende Nagel keinen kleinern Raum einnehmen, als wenn er erkaltet ist. Die Erscheinung ist daher bis jetzt noch nicht erklärt.

Bemerkenswerth ist es, dass Körper, welche die Elektricität leiten, wenn man sie gegen einander reibt, Wärme hervorbringen; Nichtleiter aber Elektricität erzeugen, und erst dann erwärmt werden, wenn die Elektricität die grösste Höhe erreicht hat und nicht abgeleitet wird. Man darf daher den durch Reiben erregten, und den durch das Zusammendrücken gleichsam ausgepressten Wärmestoff nicht mit einander verwechseln. Um den letztern kennen zu lernen, ist folgender leichter Versuch hinreichend. Man schneide sich ein Riemchen von Cautschuk (elastischem Harz), erwärme es bis zur Temperatur des Körpers, lege es dann zwischen die trockenen Lippen, und dehne es schnell und stark aus; man wird dabei deutlich fühlen, dass es warm wird, und bei hinreichender Aufmerksamkeit wird man auch die Abkühlung beim Wiederzusammenziehen bemerken. Dehnt man ein Stück Cautschuk in Wasser von + 30° aus einander, so zieht es sich wieder zusammen, was im kalten Wasser nicht geschieht. Befestigt man an das eine Ende des Cautschuk-Riemchens ein kleines Gewicht, und hängt es an einer graduirten Skala auf, so wird man bemerken, dass sich das Riemchen in der Wärme verkürzt und in der Kälte verlängert. Dasselbe geschieht mit einem Bindfaden, den man mit Wasser anfeuchtet, wo das Wasser die Rolle der Wärme spielt. Beide Versuche begünstigen die Ansicht, dass der Wärmestoff die Körper eben so durchdringe und in ihnen zurückgehalten werde, wie das Wasser in poröse Körper eindringt und darin zurückbleibt.

Wenn man die Luft zusammendrückt, entsteht ebenfalls Wärme, und geschieht dieser Druck schnell und kräftig, so können oft brennbare Körper dadurch entzündet werden; z. B. in der Compressionspumpe einer Windbüchse kann man durch einige schnelle und starke Pumpenzüge Feuer-Schwamm,

Baumwolle, Knallluft u. d. m. anzünden. Darauf gründet sich auch ein pneumatisches Feuerzeug (Luftfeuerzeug, *briquet pneumatique*), welches aus einem Rohre von Metall oder dickem Glase besteht, in welches ein Stempel genau eingepasst ist, und worin man durch einen einzigen Stoss mit dem Stempel die Luft so zusammendrücken kann, dass sie Feuerschwamm oder Baumwolle entzündet. Sobald das Zusammenpressen der Luft aufhört, nimmt sie auch ihr voriges Volumen und zugleich ihre vorige Wärme - Capacität wieder an, und es entsteht Kälte. Wenn man z. B. in einem grossen Behälter die Luft bis zu einem bedeutenden Grade zusammendrückt, und sie dann durch ein Metallrohr ausströmen lässt, so wird dieses Rohr bis unter 0° abgekühlt, so dass Wasser darauf zu Reif und Eis erstarrt. Gay-Lussac hat gezeigt, dass in zwei gleich grossen Gasbehältern, wovon der eine mit Luft gefüllt, der andere aber luftleer ist, und in welchen beiden Thermometer angebracht sind, das Thermometer in dem mit Luft gefüllten Behälter zum Sinken kommt, wenn man die Luft in den luftleeren Behälter übertreten lässt, in dem letztern aber ziemlich um eben so viele Grade steigt, als es in jenem gefallen ist. Die Ursache davon liegt darin, dass die Luft in dem ersten Behälter sich immer mehr ausdehnt, während die im andern Behälter anfänglich höchst verdünnte Luft, welche sehr viele Wärme eingesogen hatte, nachher durch die zuströmende Luft fortdauernd zusammengepresst, und dadurch genöthigt wird, die bei ihrer vorherigen Verdünnung aufgenommene Menge Wärme wieder fahren zu lassen. Dahingegen hat Gay-Lussac gezeigt, dass Luft, die aus einem Blasebalg in die Luft geblasen wird, nicht ihre Temperatur ändert, weil sie durch die Zusammendrückung innerhalb des Blasebalges gerade so viel Wärme in Freiheit gesetzt hatte, als sie beim Ausströmen in die Luft, wo der Druck aufhört, aufnehmen musste, um ihre Temperatur unverändert zu behalten.

De la Rive der jüngere und Marcet der jüngere haben diese Versuche so abgeändert, dass sie in einen luftleeren Raum Luft durch eine feine Röhre einströmen liessen, die sich in einem Abstande von einigen Linien von der Kugel eines im leeren Raume aufgehängten, sehr empfindlichen Thermometers öffnete. In den ersten 6 bis 7 Secunden

fiel das Thermometer ein oder einige Grad nach der ungleichen Grösse des luftleeren Raumes, aber nachdem der Druck innerhalb desselben 4 Zoll Barometerhöhe erreicht hatte, blieb das Thermometer stationär, bis der Druck 6 Zoll war; nachher fing es an zu steigen, und fuhr damit fort, so dass es zuletzt einige Grade höher stand, als in dem umgebenden Medium. Die Ursache dieses Verhaltens ist, dass im ersten Augenblick, wenn die Luft hineinströmt, sie stark verdünnt und dadurch abgekühlt wird, so dass, wenn sie mit der Thermometerkugel in Berührung kommt, die Temperatur desselben sinkt; aber nachdem eine gewisse Menge Luft eingedrungen ist, fährt wohl das einströmende Gas fort, sich auszudehnen, aber das schon hineingedrungene wird zusammengedrückt, wodurch die Temperatur stationär wird, weil die eine dieselbe Menge von Wärme von sich giebt, wie die andere aufnimmt, und wenn diess eine Weile gedauert hat, wird die hineingedrungene in einem grösseren Verhältniss zusammengedrückt, als die hineindringende ausgedehnt wird, wodurch die Temperatur steigt. Dass sie endlich höher ist, als die des umgebenden Mediums, kommt daher, dass die Luft beim ersten Einströmen die Röhre abkühlte, durch welche sie hineingeleitet wurde, und nachher Wärme abgab, während sie den früheren Druck wieder erhielt. Wenn man in den leeren Raum Wasserstoffgas eindringen lässt, so findet ganz dieselbe Erscheinung statt; aber wenn man, nachdem das Thermometer stationär geworden ist, atmosphärische Luft oder kohlensaures Gas eindringen lässt, so fällt das Thermometer wiederum.

Wenn die Wärme-Capacität eines Körpers vermehrt, oder derselbe durch irgend eine Kraft genöthigt wird, aus der festen Gestalt in die tropfbar-flüssige, oder aus dieser in Gasgestalt überzugehen, so entzieht er den benachbarten Körpern so viel Wärme, als er zu dieser Umwandlung nöthig hat, und es entsteht dadurch Kälte. Wird z. B. ein Salz in Wasser gelöst, so muss es flüssig werden, und in diesem Zustande einen Theil Wärmestoff binden; dadurch wird Kälte erzeugt, weil die vom Salze gebundene Wärme für das Gefühl und Thermometer verschwindet. — Wenn man ein trockenes Salz, das eine starke Verwandtschaft zum Wasser hat, mit Schnee vermengt, so bilden beide eine flüssige

sige Salzlösung und nehmen beim Zerfliessen so viel Wärme von den umgebenden Körpern auf, dass dadurch eine Kälte von mehreren Graden entsteht. Darauf gründet sich auch der bekannte Versuch, einen Teller im warmen Zimmer anfrieren zu lassen. Man stellt nämlich einen Teller in Wasser, und füllt ihn mit feingestossenem Salze und etwas Schnee, die man gut unter einander mengt. Nach wenigen Augenblicken ist der Teller festgefroren. Auch gründet sich darauf die Bereitung der Eiscrême. Je grösser die Verwandtschaft des Salzes zum Wasser ist, desto schneller schmelzen beide auf Kosten der Wärme ihrer Umgebungen zusammen, und desto stärker wird die dabei entstehende Kälte. Daher geben alle Salze, welche Feuchtigkeit aus der Luft anziehen und dadurch flüssig werden, einen hohen Grad von Kälte, wenn man sie mit Schnee zusammenmengt.

Man hat mehrere sogenannte Frostmischungen, durch welche man, mitten im Sommer und ohne Hülfe von Eis oder Schnee, die Temperatur unter den Gefrierpunkt bringen und Eis bilden kann. So z. B., wenn 5 Theilen sehr fein gepulverten Salmiaks mit 5 Theilen ebenfalls feingeriebenen Salpeters gemengt und mit 16 Theilen frisch gepumpten Brunnenwassers (von ungefähr + 10° Wärme), oder wenn ein feingeriebenes Gemenge von 10 Th. Salpeter, 32 Th. Salmiak und 57 Th. Chlorkalium mit seinem 4fachen Gewichte + 10° warmen Wassers übergossen werden, so kühlt sich während der Auflösung der Salze die Mischung bis zu — 12° ab, und das Glas wird auswendig mit einer Eisrinde bedeckt, indem sich die Feuchtigkeit der Luft darauf niederschlägt und sich in Eis verwandelt. Je feiner die Salze gepulvert sind, je besser die Masse gemengt ist, und je schneller die Auflösung geschieht, um so stärkere Kälte entsteht. In den Ländern, wo es schwer hält, hinreichend frisches Wasser zum Trinken zu erhalten, bedient man sich dieser Frostmischung, um die Wasserflaschen kalt zu erhalten. — Nachher kann das Salz wieder ausgetrocknet und wiederum angewendet werden. — Will man noch höhere Grade von Kälte erhalten, so löst man 9 Theile feingeriebenes krystallisirtes phosphorsaures Natron in 4 Th. Scheidewasser auf, wodurch man die Temperatur der Mischung von + 10° bis zu — 24° senken kann.

Die beste Art, eine künstliche Kälte hervorzubringen, besteht darin, dass man Chlorcalcium (salzsauren Kalk, wovon weiter unten) so lange erhitzt, bis es in eine trockene, weisse, aufgeschwollene, poröse Masse verwandelt ist, es dann ganz fein pulvert und durch ein Flortuch siebt, in welchem Zustande es sein durch die Hitze ausgetriebenes Krystallwasser wieder rasch aufnimmt, und dann das Pulver mit $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ oder höchstens gleichen Theilen Schnee mengt. Je kälter der Schnee ist, desto grösser ist die Kälte, die man dadurch hervorbringt. Hat man das Salz nicht vorher gesiebt, so entsteht anfangs ein wenig Wärme, weil dann das geschmolzene Salz erst sein Krystallwasser wieder aufnimmt und das Wasser dabei eine festere Gestalt, als im Schnee, annimmt, wodurch Wärme entwickelt, und die erkältende Kraft des Gemenges vermindert wird. Am besten macht man dieses Gemenge in einem hölzernen Gefässe, welches wieder in ein anderes gestellt und darin mit einem Gemenge von Schnee und Kochsalz umgeben wird. In das innere Gefäss siebt man nun das Kalksalz und den Schnee in abwechselnden dünnen Lagen übereinander und um den Körper herum, welcher erkältet werden soll. Auf diese Weise hat man Quecksilber zum Erstarren und Krystallisiren gebracht, flüssiges Ammoniak und Aether in Krystallen erhalten u. s. w. Man muss jedoch diese Versuche in möglichst kalten Wintern und mit wenigstens 2 bis 3 Pfund Kalksalz anstellen; am besten gelingen sie mit 10 bis 15 Pfund, und man hat in einem solchen Gemenge schon bis gegen 60 Pfund Quecksilber zum Festwerden gebracht. — Hat man nur kleine Quantitäten, so thut man am besten, erst nur ein Gemenge mit 1 Pfund Kalksalz zu machen, und, wenn die erkältende Kraft desselben zu Ende geht, ein neues Gemenge zu bereiten, und den erkälteten Körper in dieses hineinzusetzen. Es schlägt selten fehl, dass das Quecksilber nicht schon im zweiten Gemenge schnell erstarren sollte.

Eben so kann man auch durch das Verdunsten flüchtiger Körper Kälte erzeugen. Wenn man z. B. Aether auf eine Thermometerkugel tröpfelt, so fängt das Quecksilber schnell an zu sinken, und wenn man das Thermometer an einem Faden schwingt, oder es anbläst, so kann das Quecksilber bis 0° fallen, weil die Verdunstung durch den steten Luftwechsel vermehrt wird.

Leslie hat ein neues Verfahren erfunden, durch Verdunstung im leeren Raume sehr schnell eine heftige Kälte hervorzubringen. Man stellt unter die Glocke der Luftpumpe eine weite und flache Schale mit concentrirter Schwefelsäure, und einige Zoll über derselben eine kleine Glasschale mit 2 bis 3 Loth Wasser. Nun pumpt man die Luft aus der Glocke so weit aus, bis das Quecksilber in der Probe nur noch $\frac{1}{8}$ Zoll hoch steht. Bei dieser Luftverdünnung steigt das Wasser in Gasgestalt auf, und die Glocke enthält nun statt der Luft Wassergas. Die concentrirte Schwefelsäure hat indessen eine so grosse Verwandtschaft zum Wasser, dass sie das Gas sogleich wieder zu flüssigem Wasser verdichtet, und dasselbe eben so schnell, als das Gas erzeugt wird, einsaugt und die Glocke vom Wassergas frei erhält. Hierdurch wird nun die Verdunstung des Wassers bis zu einem solchen Grade erhöht, dass das im Gefässe übrig bleibende seiner ganzen Masse nach zu Eis erstarrt. Die Ursache davon ist, dass das in Gasgestalt aufsteigende Wasser Wärme bindet und diese von der im Wasser befindlichen freien Wärme aufnimmt, und weil diess mit einer solchen Schnelligkeit vor sich geht, dass dieser Abgang durch die strahlende Wärme der Umgebungen nicht wieder ersetzt werden kann, so sinkt die Temperatur unter 0°, und das Wasser erstarrt. Ist die Luftpumpe nicht gut, so gelingt der Versuch nicht; sonst aber friert das Wasser in vier Minuten nach dem Auspumpen der Luft, wenn anders die verdunstende Oberfläche gross genug ist. Das Wasser wird bei diesem Versuche stets bis — 5° abgekühlt, ehe es friert, erstarrt aber dann auch meistens in einem Augenblicke. Die dabei gebrauchte Schwefelsäure wird durch das verdichtete Wasser verdünnt und erwärmt, so dass die Wärme sich gleichsam vom Wasser zur Säure flüchtet. Wenn man nach Beendigung des Versuches das Wasser durch Kochen wieder aus der Säure vertreibt, so kann diese zu demselben Zwecke wieder angewandt werden. Leslie hat späterhin gefunden, dass verschiedene stark getrocknete und pulverförmige Körper, z. B. Erde, Mehl u. d., die Stelle der Schwefelsäure vertreten können, und versichert, dass stark getrocknetes Hafermehl die Schwefelsäure an Schnelligkeit der Wirkung beinahe noch übertrifft. Man bedient sich einer ähnlichen Verdunstungsweise bei den Auflösungen organischer Stoffe, und überhaupt

5 *

bei Behandlung solcher Körper, welche durch Einwirkung von Wärme oder Luft zersetzt werden.

Eine andere Vorrichtung zur Hervorbringung von Kälte nach gleichen Grundsätzen hat Wollaston erfunden, und Kryophorus (Eisträger) genannt. Er besteht aus einem Pulshammer, dessen beide Kugeln niederwärts gebogen sind, und welcher nur so viel Wasser enthält, dass die eine Kugel nur zur Hälfte damit gefüllt ist. Man setzt die leere Kugel in ein Gefäss, z. B. in ein Trinkglas, und umgiebt sie mit gestossenem Eis oder Schnee, der mit feingeriebenem Kochsalze oder Salmiak wohl gemengt ist. Der leere Theil des Pulshammers enthält nun zwar keine Luft, ist aber fortdauernd mit einem Theile Wassergas angefüllt, der sich an der innern Seite des Glases als Eis anlegt, wenn die Kugel im Salzgemenge bedeutend unter dem Gefrierpunkte abgekühlt wird. Dadurch entsteht ein luftleerer Raum, und das Wasser verdunstet in der nicht abgekühlten Kugel, um das verdichtete Gas wieder zu ersetzen; weil sich aber das Verdunstete in der abgekühlten Kugel eben so schnell wieder verdichtet, als es erzeugt wird, so wird das Wasser in der Kugel durch Verdunstung bis zu einem solchen Grade erkältet, dass es in 4 bis 8 Minuten zu einem Eisklumpen erstarrt. Die Röhre zwischen beiden Kugeln kann sehr lang sein, ohne dass das Gefrieren dadurch erschwert wird; allein die geringste Menge Luft im Apparate zerstört jede Wirkung.

Vor einigen Jahren machte Baron Edelcrantz den Vorschlag, in einem von ihm ausgedachten eigenen Instrumente die Luft zu verdichten, um sie dann bis zum höchst möglichen Grade abkühlen und wieder ausdehnen lassen zu können, und so durch Verbindung mehrerer einander abkühlender Vorrichtungen das Erkalten fast bis in's Unendliche fortzusetzen. Dieser Versuch wurde jedoch nicht zur Ausführung gebracht. Neuerlich hat man angeführt, dass Hutton, ein schottischer Gelehrter, dem der Vorschlag des Baron Edelcrantz gewiss nicht bekannt war, durch einen nach ähnlichen Grundsätzen eingerichteten Abkühlungs-Apparat einen so hohen Grad von Kälte hervorgebracht habe, dass Alkohol darin erstarrt sei, welches bisher fast die einzige Flüssigkeit war, die man nicht in fester Gestalt darzustellen vermochte. — Leslie zeigte, dass in der Kugel eines bis zum Gefrierpunkte erkalteten

Thermometers, wenn man sie mit Baumwolle umgiebt, die mit Aether angefeuchtet ist, das Quecksilber unter dem Recipienten einer Luftpumpe, bei schnellem Auspumpen der Luft, friert. Marcet führt an, dass bei der Anwendung einer noch flüchtigeren Flüssigkeit, des Schwefelkohlenstoffs, das Quecksilber, ohne vorhergegangene Abkühlung, in Zeit von 3 bis 4 Minuten zum Gefrieren, und ein Weingeist-Thermometer bis — 60° erkältet werden könne. Durch Verdunstung einer noch flüchtigeren Flüssigkeit, der schwefligen Säure, eines der coërciblen Gase, die ohne erhöhten Druck bei — 18° flüssig wird, und die bei — 10° kocht, hat Bussy noch niedrigere Temperaturen hervorgebracht. Quecksilber gefriert in einigen Augenblicken, wenn die Kugel eines Thermometers mit Baumwolle umgeben ist, die mit der flüssigen schwefligen Säure befeuchtet wird. In der Luft fällt das Alkoholthermometer bis zu — 57°, und unter der Luftpumpe bis zu — 68°. Dabei wird Spiritus von 0,85 e. G. fest. Bei diesen Kältegraden werden andere coërcible Gasarten condensirt, und wenn man nachher diese verdunsten lässt, werden noch höhere, aber bis jetzt noch nicht ausgemachte, Kältegrade hervorgebracht.

Was die Wärme eigentlich sei, wissen wir nicht. Mehrere der angeführten Erscheinungen führen auf die Vermuthung, dass Wärme und Licht einerlei Materie sei, die, mit grösserer Schnelligkeit fortgepflanzt, als Licht, mit minderer, als Wärme erscheine. Andere haben geglaubt, dass die Wärme eine gewisse Schwingung der Körper sei, die sich unserem Gefühle als Wärme kund thue, kälteren Körpern sich mittheile, u. s. w. Allein alle diese Vermuthungen führen uns der wahren Kenntniss von der eigenthümlichen Natur der Wärme nicht um einen Schritt näher. Dass dieselbe unwägbar ist und das Gewicht der Körper im luftleeren Raume nicht vermehrt, kann nur daher rühren, dass dieselbe, ihrer chemischen Verwandtschaften ungeachtet, von der Erdmasse nicht angezogen wird, worin das Gewicht der Körper einzig und allein besteht. Es ist daher möglich, dass es Stoffe giebt, die gar nicht von der Erde angezogen werden, und welchen daher die, allen andern Körpern gemeinschaftliche, Schwerkraft mangelt, und dass Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus solche Stoffe sind, die, wenn ihre kleinsten Theilchen

keine Cohäsionskraft besitzen, durch den ganzen Weltraum sich ausbreiten müssen.

Diess mag sich nun so verhalten oder nicht, so erleichtert es doch die Erklärung aller durch die Wärme hervorgebrachten Erscheinungen, wenn man annimmt, dass die Wärme eine besondere, unwägbare Materie, wie das Licht, sei, welche zu einer grossen Anzahl von Körpern Vereinigungs-Verwandtschaft besitzt, und mit ihnen bald festere, bald losere Verbindungen eingeht.

Die Wärme vermehrt theils, theils verändert sie die Vereinigungs-Verwandtschaften eines grossen Theils der Körper, sowohl dadurch, dass sie die festen Körper flüssig macht, wodurch sie sich mengen können und in vollkommene gegenseitige Berührung gebracht werden, als auch dadurch, dass sie bei gewissen Temperaturen Verwandtschaften erweckt, die bei andern Temperaturen entweder ruhen, oder gänzlich aufgehoben werden. Für den ersten Satz spricht das alte chemische Sprüchwort: *Corpora non agunt, nisi soluta* (nur aufgelöste Körper können auf einander wirken). Das will so viel sagen, dass feste Körper wenig oder gar nicht auf einander einwirken; dann aber, wenn beide, oder wenigstens einer von ihnen flüssig wird, das Spiel der Verwandtschaft in Wirksamkeit tritt.

Von dem letzteren Satze giebt das Quecksilber ein Beispiel. In der gewöhnlichen Wärme der Atmosphäre bleibt es unverändert, bei seinem Siedepunkt aber fängt es an, sich mit dem Sauerstoffe der Luft zu einem rothen Pulver (rothem Quecksilberoxyd) zu verbinden, und diess dauert so lange fort, als das Quecksilber im Kochen bleibt; erhitzt man aber dieses rothe Pulver noch mehr, so hört die Verwandtschaft des Quecksilbers zum Sauerstoff wieder auf; dieser entweicht als Sauerstoffgas, und das Quecksilber nimmt wiederum seine vorige metallische Form an.

Elektricität.

Wenn man eine Siegellackstange zwischen wollenem Zeuche reibt, so erhält sie die Eigenschaft, leichte Körper, z. B. kleine Papierschnittchen, an sich zu ziehen, und wenn man die Stange nahe über einen Tisch hält, so bemerkt man, dass

diese leichten Körperchen eine kleine Weile zwischen dem Siegellack und dem Tische auf- und niederhüpfen. Diese Erscheinung entsteht durch die Elektricität.

Schwefel, Bernstein, trockenes Glas u. m. a. haben dieselbe Eigenschaft. Sie wurde zuerst am Bernstein entdeckt, und, weil dieser bei den Griechen Elektron hiess, nach ihm Electricität genannt.

Nicht alle Körper werden durch Reiben elektrisch; diejenigen, welche es am gewöhnlichsten und stärksten werden, sind, ausser den vorhergenannten, Harz, Seide oder Seidenzeuch, Wolle, Haare, im Ofen gedörrtes Holz, Wachs u. d. m. Diese Körper werden idioelektrische — selbstelektrische — genannt.

Wenn man die durch Reiben entstehende Elektricität etwas aufmerksamer beobachtet, so findet man, dass sowohl der reibende, als der geriebene Körper elektrisch werden, beide aber in gewisser Hinsicht sich anders verhalten, so dass die Elektricität in beiden verschiedenartig zu sein scheint.

Man glaubte anfänglich, dass der geriebene Körper dem reibenden Elektricität entziehe, und dass dadurch in jenem Ueberfluss, in diesem aber Mangel an Elektricität entstehe; man hat aber nachher gefunden, dass diese Vorstellungsweise unrichtig ist, und dass beide Körper Ueberschuss an Elektricität empfangen; Symmer bewies zuerst, dass die Elektricität in beiden von verschiedener Art sei.

Daraus hat man den Schluss gezogen, dass in allen Körpern unseres Erdbodens ein Stoff enthalten sei, den man elektrische Materie (*Electricum*, *Electrogenum*) nennen könne, und wieder aus beiden einfachen Elektricitäten zusammengesetzt sei. Dieser Stoff besitzt keine Eigenschaft, wodurch er für unsere äusseren Sinne wahrnehmbar wird, sondern er offenbart sich erst dann, wenn er in seine Bestandtheile zerlegt wird.

Benjamin Franklin, welcher zuerst eine Theorie der Elektricität aufzustellen versuchte und den Unterschied beider Elektricitäten darin zu finden glaubte, dass die eine Ueberschuss, die andere aber Mangel an Elektricität sei, nannte jene positive (+ E), diese aber negative Elektricität (— E), und diese Benennungen hat man auch bis jetzt beibehalten.

Die positive Elektricität (+ E) unterscheidet sich von der negativen (— E), ihrem Verhalten nach, in vielen Fällen sehr deutlich:

1) Durch die Figuren, die ein, auf einen elektrisirten Körper gesiebtes feines Pulver bildet; wenn man z. B. auf einen Harzkuchen einen metallenen Knopf stellt und einen Funken von + E darauf schlagen lässt; so entsteht, wenn man den Knopf mittelst einer Siegellackstange weghebt, und ein wenig gepulvertes Harz oder auch gewaschene und wieder getrocknete Schwefelblumen über die elektrisirte Stelle siebt, eine sternförmige runde Figur. Stellt man den Versuch mit — E an, so entsteht auch eine runde Figur, aber ohne Strahlen, mit dendritenähnlichen Verästelungen. Der Versuch gelingt, selbst wenn man vor dem Elektrisiren das Pulver auf die Scheibe siebt.

2) Durch den Geschmack, wenn man die E aus einer elektrischen Spitze auf die Zunge ausströmen lässt, wo die positive einen säuerlichen, die negative aber mehr einen brennenden, beinahe alkalischen Geschmack erregt.

3) Durch die verschiedenartigen chemischen Erscheinungen, welche sie in den Körpern, besonders in flüssigen Stoffen, hervorbringen; so verwandelt z. B. + E, die aus einer Spitze auf angefeuchtetes Lackmuspapier ausströmt, dessen blaue Farbe in Roth, zum Beweise, dass eine Säure dabei gebildet wird, und wenn der nämliche Versuch mit einer negativ elektrischen Spitze gemacht wird, entsteht kein rother Fleck, und man giebt sogar an, dass der von der + Spitze hervorgebrachte verschwinde.

4) Durch ihr verschiedenes Licht. Wenn man + E aus einer etwas stumpfen Spitze ausströmen lässt, so bildet sich ein oft mehrere Zoll langer, röthlich blauer Lichtbüschel; lässt man aber — E aus derselben Spitze ausströmen, so zeigt sich bloss ein leuchtender Punkt. Im luftleeren Raume fallen diese Erscheinungen noch mehr in die Augen.

5) Durch den Umstand, dass verschiedene Körper, unter gewissen Verhältnissen, die eine E leicht leiten, die andere aber nur höchst schwierig durch sich durchgehen lassen.

Zwei Körper, die einerlei Elektricität besitzen, stossen einander ab, und ziehen sich im entgegengesetzten Falle, wenn sie nämlich verschiedene Elektricitäten haben, an. Der

Abstand, in welchem dieses vor sich geht, heisst der **Wirkungskreis der Elektricität**, die **elektrische Atmosphäre**. Leichte Körper, welche nicht elektrisirt sind, werden in geringer Entfernung von elektrisirten angezogen, aber auch wieder zurückgestossen, sobald sie die E des elektrisirten Körpers angenommen haben. Treffen sie alsdann in der Nähe auf einen Körper, welcher die entgegengesetzte oder gar keine Elektricität besitzt, so werden sie von diesem angezogen, setzen ihre Elektricität an ihn ab, und werden dann von dem ersten elektrischen Körper wieder von Neuem angezogen, so dass man sie auf diese Weise so lange hin- und herhüpfen lassen kann, bis sie den grössten Theil der E des elektrischen Körpers an sich genommen und fortgeführt haben. Hierauf gründen sich mehrere elektrische Spielwerke, z. B. die elektrische Spinne, das Glockenspiel, der Puppentanz u. d. m.

Diesen Umstand benutzt man auch, um die Art der Elektricität eines Körpers auszumitteln. Man hat z. B. schon durch Versuche bestimmt, dass Glas, welches gerieben wird, + E, hingegen Harz stets — E annimmt. Nimmt man daher eine kleine, an den Enden zugeblasene Glasröhre und überzieht die eine Hälfte derselben mit einem Lackfirnisse, so giebt sie beim Reiben auf der lackirten Hälfte — E, auf der andern aber, wo das Glas bloss ist, + E. Wenn man nun einem an einem Seidenfaden aufgehängten Kügelchen von Fliedermark die E des zu untersuchenden Körpers mittheilt, so kann man mit jener Glasröhre leicht ausmitteln, von welchem Ende derselben das Kügelchen angezogen oder abgestossen wird.

Die Abstossung der Körper, welche einerlei E besitzen, hat auf die Erfindung eines Werkzeuges geführt, wodurch sich die Anwesenheit der Elektricität entdecken lässt, wenn sie von so geringer Stärke ist, dass sie für sich unseren Sinnen nicht wahrnehmbar wird. Dieses Werkzeug besteht aus zwei kleinen Kügelchen von Kork oder Fliedermark, oder auch aus zwei feinen, zolllangen Strohhälmchen, die an einem feinen Faden aufgehängt sind, oder auch aus zwei an einem Metalldrath aufgehängten Goldblättchen, welche in der Nähe eines elektrischen Körpers, oder innerhalb seines Wirkungskreises, dessen Elektricität annehmen und einander abstossen. Dieses Werkzeug nennt man **Elektrometer** (Elektri-

citätsmesser) oder richtiger, Elektroskop (Elektricitätszeiger).

Gewisse Körper lassen die entwickelte E sehr leicht durch sich hindurchgehen und werden deshalb Elektricitätsleiter genannt. Die besten Leiter sind Metalle, Holzkohle, Graphit (Reisblei) u. m. a. Andere Körper hingegen lassen die E schwieriger und langsamer durch; man nennt sie Halbleiter. Es gehören dazu Wasser, Kreide und Steinarten im Allgemeinen u. s. w. Noch andere Körper gestatten ihr beinahe gar keinen Durchgang; sie heissen Nichtleiter. Dahin gehören Glas, Harz und überhaupt alle diejenigen Körper, welche durch Reiben elektrisch werden.

Die beiden Elektricitäten + E und — E, die in ihrer Verbindung mit einander den für uns unbemerkbaren elektrischen Stoff ausmachen, können sowohl auf mechanischem als auch auf chemischem Wege von einander getrennt und für uns wahrnehmbar gemacht werden.

1. Erregung der Elektricität durch Reiben.

Sie erfolgt, wenn zwei Körper gegen einander gestossen oder gerieben werden.

In allen Körpern wird dadurch Elektricität erregt; in Leitern kann sie sich aber natürlicherweise nicht ansammeln, wenn sie nicht auf Nichtleiter so aufgestellt werden, dass der freie Durchgang der E nach dem Erdboden dadurch verhindert wird. Wird ein Leiter auf diese Weise aufgestellt, so heisst er isolirt.

Am besten und reichlichsten wird die Elektricität durch das Reiben von Nichtleitern erregt, wenn man z. B. Glas oder Harz mit Wolle oder Haaren reibt.

Die Trennung der beiden Elektricitäten wird hierbei dadurch bewirkt, dass z. B. das Glas beim Reiben die + E des reibenden Körpers aufnimmt, und dadurch die — E, welche vorher mit der + E in dem reibenden Körper verbunden war, sich in diesem ansammeln muss. Wird Harz gerieben, so findet ein gleiches Verhalten statt, nur mit dem Unterschiede, dass das Harz die — E des reibenden Körpers an sich zieht, und daher die + E in diesem sich anhäuft.

Sind beide, sowohl der reibende als der geriebene Körper, isolirt, das heisst, so von Nichtleitern umgeben, dass die in

ihnen freigewordene E nirgends hin entweichen kann, so ist die Trennung des elektrischen Stoffes in + und — E unbedeutend; wird aber einer von beiden, gleichviel welcher, durch einen Leiter mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so dass die E desselben entweichen und der Trennung der elektrischen Materie nicht weiter entgegenwirken kann, so sammelt sich die entgegengesetzte E in dem andern Körper in grösserer Menge an. Verbindet man beide Körper durch Leiter mit der Erde, so verschwinden die meisten Merkmale der erregten E, weil sie im Augenblicke der Erregung von den Leitern aufgenommen und zur Erde zurückgeführt werden.

Stellt man einen isolirten Leiter an den elektrischen Körper, so nimmt derselbe einen Theil der Elektricität des letztern auf, und wenn man mit einem Finger oder einem andern leitenden Körper in seinen Wirkungskreis kommt, so bricht ein Funke hervor, wobei die E des Leiters verschwindet und gleichsam durch den ableitenden Körper zur Erde zurückgeführt und wieder in's Gleichgewicht gesetzt wird.

Allein dieser Funke ist keine einfache Mittheilung der E des elektrischen Körpers an den ableitenden, sondern er besteht aus der + E des einen und aus der — E des andern Körpers, die in irgend einem Punkte des Abstandes, welchen der Funke zu durchfahren scheint, sich vereinigen und in Gleichgewicht setzen. Hat der Körper, welcher dem elektrischen Leiter nahe gebracht wird, eine gleichförmig abgerundete Oberfläche, so erscheint der Funke mitten zwischen beiden Körpern. Diess rührt daher, dass in demselben Augenblicke, wo der elektrisirte Körper einen Ueberschuss, z. B. von + E, fahren lässt, auch der nicht elektrisirte, der diesen Ueberschuss zur Erde abzuleiten scheint, eine entsprechende Menge — E los lässt, daher beide E auf halbem Wege sich begegnen, in's Gleichgewicht setzen und für unsere Sinne verschwinden. Daher wird der Funke im Vereinigungspunkte da abgebrochen, wo alle Erscheinungen von E aufhören.

Je mehr die Oberfläche abgerundet ist, desto leichter lässt sie die E fahren, so dass, wenn man einen elektrisirten Leiter einem anderen, weniger abgerundeten, nicht isolirten Leiter nähert, der elektrische Funke zunächst bei dem letztern abgebrochen wird, weil aus ihm die E schwerer ausströmt. Vermindert man die Abrundung des einen Körpers bis zu einer

Ebene, und zugleich den Durchmesser des andern abgerundeten Körpers nach und nach so weit, dass dieser zuletzt eine Spitze bildet, so wird man finden, dass das Abbrechen des Funkens sich dem abgeplatteten Körper immer mehr nähert, bis endlich, wenn man einer völlig ebenen Fläche eine Spitze entgegenhält, der elektrische Funke ganz verschwindet und beide E sich auf der ebenen Fläche selbst vereinigen. In diesem Falle erscheint die ausströmende positive Elektricität im Dunkeln als ein röthlichblau leuchtender Lichtbüschel, die negative aber als ein kleiner leuchtender Stern.

Spitzen geben folglich stets Elektricität von sich, sie mögen übrigens selbst elektrisirt sein oder nur einem elektrischen Körper nahe gebracht werden, und können nicht Elektricität einsaugen, wie man früherhin sich vorstellte; daher eine Metallspitze, die man einem positiv elektrisirten Leiter, z. B. dem Conductor einer Elektrisirmaschine, bis auf einen gewissen Abstand nähert, nicht von dem Conductor + E einsaugt, sondern ihm — E zubläst, durch deren Vereinigung die Elektricität des Conductors verschwindet. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zwischen der Spitze und dem Conductor ein brennendes Licht hält, wo man das Blasen der Spitze auf die Flamme deutlich wahrnimmt. Dieses Blasen entsteht dadurch, dass die Spitze die vor ihr befindliche Luft fortdauernd elektrisirt, und wenn diese gleiche E mit der Spitze angenommen hat, von letzterer abgestossen wird. Auf diesen Umstand gründen sich mehrere elektrische Spielereien, z. B. das elektrische Rad, die Windmühle u. a. m.

Elektrisirmaschinen nennt man diejenigen Vorrichtungen, vermittelst deren man die Elektricitäten durch Reiben erregen und sodann in isolirte Leiter sammeln kann.

Der Körper, welcher gerieben wird, ist gewöhnlich von Glas, entweder eine runde Scheibe, oder eine Kugel, oder am besten eine Walze, die sich auf einem Lederkissen reibt, auf welches etwas Musivgold, oder ein Amalgam (aus 1 Theile Zink, 1 Theile Zinn und 2 Theilen Quecksilber, mit ein wenig Fett zu einer Salbe zusammengerieben), gestrichen wird. Nebenbei wird an das Lederkissen noch ein Stück Wachstafft so befestigt, dass es sich beim Reiben um die gläserne Walze herumlegt. Dieses Kissen heisst das **Reibezeug** (**Frottoir**).

Der isolirte Leiter besteht gewöhnlich aus Messing, steht auf einem Glasfusse und wird der **Conductor** genannt. Je grösser die Oberfläche des Conductors im Verhältnisse zu seinem Umfange ist, desto bessere Dienste leistet er, und umgekehrt. Daher kann ein langer und dünner Conductor mehr Elektricität aufnehmen und an sich behalten, als ein kurzer und dicker von gleichem Cubikinhalte. Die Elektricität scheint sich nämlich durchaus nach der Oberfläche zu richten, und ein massiver Conductor kann daher nicht stärker elektrisirt werden, als ein hohler. Die Füsse von Glas, welche den Conductor tragen, isoliren um so vollständiger, je höher und schmäler sie sind. Sie müssen noch dazu mit einem gut isolirenden Firniss überzogen sein. Das von der Maschine abgewendete Ende des Conductors muss sich in eine ziemlich starke Kugel endigen; das der Maschine zugekehrte Ende aber, welches ½ bis 1 Zoll vom Glase abstehen muss, in eine oder mehrere Spitzen ausgehen.

Wird die Maschine gedreht, und durch Reiben elektrisch, so nimmt der Conductor gleiche Elektricität an, aber nicht dadurch, dass er sie vom Glase an sich zieht, sondern dadurch, dass die durch Reiben in der Maschine erregte + E durch die aus dem Conductor entgegenströmende — E gesättiget, dabei aber eine entsprechende Menge + E in dem Conductor frei wird.

Ausser den erwähnten Spitzen des Conductors müssen alle andere Spitzen in der Nähe der Maschine vermieden werden, weil sie ihr sonst entgegengesetzte E zuführen und die Wirkung derselben aufheben.

Feuchte Luft leitet die Elektricität, trockene hingegen verstattet ihr keinen Durchgang. In feuchter Luft kann daher kein Körper isolirt werden, vielmehr hebt solche die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine ganz oder doch zum grössten Theile auf.

Wenn man an einer Maschine sowohl das Reibezeug, als auch den Conductor isolirt, so entwickelt sich nur eine ganz schwache Elektricität; wenn man aber das Reibezeug mit dem Erdboden in Verbindung bringt, so fängt die Erregung der Elektricität an, vor sich zu gehen, und der Conductor nimmt bei gewöhnlichen Glasmaschinen + E an. Isolirt man umgekehrt das Reibezeug und bringt den Conductor mit

Digitized by Google

der Erde in leitende Verbindung, so wird das Reibezeug — elektrisirt, so dass man auf diese Weise von einer gut eingerichteten Maschine nach Willkühr + und — E erhalten kann.

Wenn ein Nichtleiter, das heisst, ein solcher Körper, welcher durch Reiben elektrisch werden kann, auf der einen Seite durch irgend einen Umstand freie Elektricität empfängt, so entweicht aus ihm auf der andern Seite, wenn er nicht aller ableitenden Gemeinschaft mit dem Erdboden beraubt (d. h. wenn er nicht isolirt) ist, eine eben so grosse Menge gleichartiger E. Es ist leicht einzusehen, dass das Entweichen und Empfangen von E ganz und gar davon abhängt, ob der Körper selbst spitzig oder von Spitzen umgeben ist.

Sind die Seiten eines auf diese Weise elektrischen Nichtleiters mit Metallplatten bedeckt, so äussert sich die Erscheinung noch stärker und deutlicher, und das um so mehr, je dünner der Nichtleiter ist. Wenn man z. B. eine neue, gehörig gereinigte und getrocknete Glasscheibe auf beiden Seiten mit Stanniol (Zinnfolie) so belegt, dass nach Verhältniss der Grösse der Scheibe, ein breiterer oder schmälerer Rand des Glases von der Belegung frei bleibt, um die leitende Gemeinschaft zwischen beiden Belegungen zu unterbrechen, und man dann auf die eine Seite z. B. + E einströmen lässt, so findet man bei Annäherung eines Fingerknöchels an die andere Seite, dass hier eben so viele + E entweicht. Dadurch sammelt sich nun auf der einen Seite ein Ueberschuss von + E und auf der andern von — E. Stellt man dann eine leitende Verbindung zwischen den Metallbelegungen beider Seiten her, so springt ein knallender Funke hervor, und wenn ein Mensch diese Verbindung mit den Händen bewirkt, so fühlt er eine starke Zuckung in dem Arme. Dieser sogenannte elektrische Schlag oder Stoss entsteht dadurch, dass die auf beiden Seiten des Nichtleiters angehäuften beiden Elektricitäten sich mit ausserordentlicher Heftigkeit in's Gleichgewicht setzen und zu dem unbemerkbaren elektrischen Stoffe verbinden. Mit ihnen zugleich verschwinden auch alle Spuren von Elektricität in der Scheibe.

Anstatt solcher mit Metallplatten belegter Glasscheiben, bedient man sich auch gläserner Flaschen oder anderer grösserer Glasgefässe, deren äussere und innere Seite, bis auf

einen Abstand von 2 bis 4 Zoll von der Mündung, der frei bleibt, mit Stanniol oder Blattgold belegt wird. Die Oeffnung verschliesst man mit einem Kork, durch welchen ein starker Metalldrath geführt wird, der mit seinem untern Ende die innere Belegung der Flasche berührt, auf dessen oberes, aus der Flasche hervorstehendes Ende aber eine kleine Messingkugel aufgeschraubt wird. Eine solche Flasche nennt man eine Ladungsflasche (Leidener Flasche), und ihre Elektrisirung nennt man das Laden. Ein scheerenförmiges Instrument von Metalldrath, mit einem gläsernen Griffe, und an beiden vorderen Enden mit Kugeln versehen, womit man die äussere und innere Belegung in Verbindung bringt, heisst ein Auslader. Stellt man mehrere dergleichen Ladungsflaschen so zusammen, dass ihre äusseren Belegungen in leitender Verbindung mit einander stehen, und ihre inneren Belegungen auf einmal elektrisirt werden können, so wird diese Vorrichtung eine elektrische Batterie genannt. Ihre Ladung erfordert mehr Elektricität, allein ihr Schlag ist auch um so viel stärker. Ihre Wirkung lässt sich so verstärken, dass man kleine Thiere, z. B. Hunde, Katzen u. d. m., damit tödten kann. Jeder elektrische Schlag wird von Wärme begleitet; bei kleinen Ladungsflaschen ist dieselbe nicht bedeutend, doch aber hinreichend, um Aether, Alkohol, Harz u. m. a. leicht entzündliche Körper anzuzünden. Mit grösseren Batterien aber kann man Holz anzünden, Metalldrath glühen und schmelzen; und wenn er fein ist, bisweilen sogar das Metall augenblicklich ganz in Gas verwandeln. Ein starker elektrischer Schlag, der durch Wasser geleitet wird, versetzt einen kleinen Theil davon augenblicklich in Gasgestalt, wodurch das übrige Wasser weit umher geworfen wird.

Jeder elektrische Funke ist gewissermaassen ein elektrischer Schlag; der Unterschied zwischen einem Funken des Conductors und dem Entladungsfunken einer Flasche besteht nur in der Heftigkeit und in der Menge der Elektricität, die beide in letzterem vielfach grösser sind. Der elektrische Funke besitzt daher ganz dieselbe Kraft, brennbare Körper zu entzünden und Wärme zu erregen, nur in geringerem Grade.

Man hat einen schönen Versuch von Ekmark, um den Weg der Elektricitäten bei ihrer Entladung zu zeigen. Eine Glasscheibe wird auf der untern Seite mit Stanniol belegt,

auf der oberen aber mit Schwefelblumen bestreut, die vorher wohl gewaschen und getrocknet worden sind. Auf die bestreute Seite werden zwei gleich grosse geladene elektrische Flaschen, von welchen die äussere Belegung der einen positiv, die der andern aber negativ geladen ist, 3 bis 4 Zoll von einander gestellt, so dass, wenn ihre inneren Belegungen mittelst eines isolirten Ausladers in Verbindung gebracht werden, ein Funke zwischen den äusseren Belegungen überspringt, der sie entladet. Nach der Entladung findet man, rings um die Flaschen herum, in den Schwefelblumen die Figuren derjenigen Elektricität, welche der äusseren Belegung einer jeden Flasche angehört hat; auf der Stelle aber, wo der Funke übergesprungen ist, ist das Schwefelpulver weggefegt, und der Weg völlig rein. Dieser Weg ist übrigens von der positiven Belegung aus mit positiven, von der entgegengesetzten aus mit negativen Figuren eingefasst, die aber nicht weit von dem Punkte, wo sie einander begegnen, ganz aufhören; und hier findet sich oft, wenn der Schlag hinlänglich stark gewesen ist, ein grosser runder Fleck, wo alle Schwefelblumen weggefegt sind, der von keinen Figuren umgeben ist, und wo die grossen Massen der Elektricitäten sich zu 0 E vereiniget haben. Wenn man zu diesem Versuche Flaschen von verschiedener Grösse anwendet, jedoch dieselben, durch gleichviele Umdrehungen der Elektrisirmaschine, mit einer ziemlich gleichen Menge E ladet, so findet man den Ausladungspunkt immer näher bei der grossen Flasche, deren Ladung die geringste Intensität besass.

Bei diesen Versuchen verdient bemerkt zu werden, dass die Elektricitäten im Augenblicke der Entladung, d. h. sobald sie aufhören, sich als Elektricitäten zu äussern, als Licht und Wärme erscheinen, oder diese hervorbringen. Die Erscheinung des Feuers bei elektrischen Ausladungen wird nur dann wahrnehmbar, wenn der Körper, durch welchen die Entladung geschieht, im Verhältniss der Menge von Elektricität, welche er entladet, eine geringe Capacität besitzt. Daher bemerkt man bei grossen Ausladern keine Erhöhung der Temperatur; kleinere aber werden warm, und ganz feine werden, nach dem Grade ihrer Feinheit, glühend, schmelzen oder verwandeln sich in Gas. Das Feuerphänomen nimmt in demselben Verhältnisse an Intensität zu, als der entladende Körper für den Durchgang der Elektricitäten unzureichend ist, auf dieselbe Weise,

Weise, wie ein Stückchen Feuerschwamm im Focus eines Brennspiegels entzündet wird, während ein unpolirtes Stückchen Eisen von einem oder mehreren Lothen in der Zeit, welche zum Anzünden des Schwammes erforderlich ist, durchaus nicht bis zu einem durch das Thermometer bestimmbaren Grade erwärmt werden kann.

Lässt man die Elektricitäten durch einige Kartenblätter, oder durch mehrfach zusammengelegtes Papier, oder auch durch eine dünne Glasscheibe sich entladen *), so entsteht auf der Stelle, wo der Schlag durchgeht, ein rundes Loch, dessen Grösse nach der Menge der Elektricität verschieden ist. Das Papier wird dabei weder verbrannt, noch verkohlt, und das Glas nicht geschmolzen, sondern vielmehr in Pulver verwandelt, als ob es mit einer feinen Spitze durchstochen worden wäre. Diess scheint zu beweisen, dass die Elektricitäten zu ihrem Durchgange eines Raumes bedürfen, und daher nichtleitende Körper, die ihnen im Wege liegen, wegräumen müssen.

Es ist bereits bemerkt worden, dass die Elektricitäten nur auf der Oberfläche der Leiter sich verbreiten, und vielleicht kaum in die Masse derselben eindringen; überzieht man daher einen Metalldrath mit geschmolzenem Siegellack, oder mit einem Lackfirniss, welcher gut trocknet, oder schmelzt den Drath in eine Glasröhre ein, und ladet dann einen starken elektrischen Schlag durch ihn aus, so springt der nichtleitende Ueberzug mit Heftigkeit davon ab. Auch dieser Versuch scheint zu beweisen, dass die Elektricitäten zu ihrem Wege über die Oberfläche des Metalldraths eines Raumes bedürfen. Betrachtet man das Loch, welches die Elektricitäten durch Karten- oder Papierblätter schlagen, genau, so findet man, dass es auf beiden Seiten einen erhabenen Rand hat. Diess

*) Glas lässt sich am besten durchlöchern, wenn man auf beiden Seiten einer dünnen Glasscheibe, von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, mit etwas Wachs Stecknadeln so befestiget, dass die Spitzen beider Nadeln nach dem Glase zu gerichtet sind und einander ganz genau gegenüber stehen; oder auch, wenn man eine Flasche mit Oel füllt, und einen spitzen, krumm gebogenen Metalldrath so hineinsteckt, dass die Spitze desselben die innere Seite des Glases berührt, und dann äusserlich eine Metallkugel auf dieselbe Stelle hält. In beiden Fällen schlägt ein sehr mässiger Schlag ein Loch durch das Glas.

scheint zu beweisen, dass die Elektricitäten nicht in einem Punkte entladen werden, sondern dass von beiden Belegungen des geladenen Körpers ausgehende entgegengesetzte Ströme einander durchfahren.

Bei allen diesen Gelegenheiten scheint die Elektricität einen Körper nöthig zu haben, auf oder durch welchen sie sich fortpflanzt, und man kann die Frage aufwerfen: kann wohl die Elektricität durch den luftleeren Raum gehen? Die Beantwortung dieser Frage ist für die Kenntniss der Natur der Elektricität von der grössten Wichtigkeit. Würde die Elektricität durch den luftleeren Raum isolirt werden, so dass keine elektrischen Erscheinungen in demselben möglich wären, so könnte man leicht vermuthen, dass die Elektricität nicht ein eigenthümlicher Stoff sei, sondern bloss ein ungleicher Zustand bei den Körpern, auf welchen sie sich zeigt; eine Ansicht, die den Beifall einiger der grössten Naturforscher unserer Zeit erhalten hat. Können hingegen elektrische Erscheinungen im luftleeren Raume statt finden, so ist die Elektricität etwas Materielles, wie diess auch aus den vorher angeführten Erscheinungen wahrscheinlich ist, bei welchen sie einen Raum einzunehmen scheint. Obgleich schon der elektrische Funke in der Luft zu zeigen scheint, dass die Elektricität bei der Bildung des Funkens nicht der Luft folgt, sondern sie durchbricht, so ist dennoch diese Thatsache allein nicht hinlänglich, um diese Frage auszumachen. D a v y hat daher versucht, diess auf directem Wege zu entscheiden. In das eine Ende einer etwas weiten Glasröhre schmolz er einen Drath von Platin ein, bog dann die Röhre zu einem Heber mit einem sehr kurzen Schenkel, der nachher mit einem Hahne verschlossen wurde, und der das andere Ende der Röhre bildete. Der längere Schenkel der Röhre wurde mit Quecksilber gefüllt, das gut ausgekocht wurde, darauf dieser Schenkel nach oben gewendet und der Hahn in Verbindung mit der Luftpumpe gesetzt; hierdurch wurde die Luft aus dem kürzeren Ende ausgepumpt, so dass das Quecksilber in dem längeren Schenkel fiel, und einen leeren Raum zwischen sich und dem Platindrath zurückliess. Durch diesen luftleeren Raum wurde die Elektricität vollkommen geleitet. War die Temperatur im luftleeren Raum hoch, so leuchtete die Elektricität bei ihrem Durchgange stark

und mit grünem Lichte; aber wenn die Temperatur abnahm, so wurde das Licht minder stark, und bei — 29° Temperatur wurde es so schwach, dass vollkommene Finsterniss nöthig war, um es zu bemerken; aber die Elektricität ging eben so gut durch, was man fand, wenn man sie durch zwei luftleere Räume gehen liess, von denen der eine warm gehalten und der andere abgekühlt wurde; in dem ersten leuchtete die Elektricität stark, obgleich sie nicht anders als durch den letztern kommen konnte. Der elektrische Schlag wurde durch den luftleeren Raum mit einem Funken entladen, wie in der Luft; schwächere Ladungen wurden langsam ohne Funken entladen. Auch in dem luftleeren Raum, der auf gleiche Weise durch geschmolzenes Zinn erhalten wurde, das nachher erstarrte, ging die Elektricität durch, obgleich mit so schwachem Lichte, wie bei — 29° im luftleeren Raume über Quecksilber. Diese Versuche scheinen daher zu zeigen, dass Elektricität im luftleeren Raume enthalten sein kann, und dass sie durch diesen leichter hindurch geht, als durch die Luft. Auch findet man, dass der luftleere Raum in gut ausgekochten Barometern durch das Reiben des Quecksilbers gegen das Glas durch einen elektrischen Schein leuchtend wird, und man macht luftleere zugeschmolzene Glasröhren, die etwas Quecksilber enthalten, das aus derselben Ursache im Dunkeln leuchtet, wenn es in Bewegung gesetzt wird.

Die Wirkungen des elektrischen Schlages auf unser Gefühl sind von sehr verschiedener Art. Eine vollgeladene kleine Flasche giebt einen weit stärkeren Schlag, als eine ganz geringe Ladung einer grossen Batterie, obgleich zu dieser geringen Ladung eine vielfach grössere Menge Elektricität, als zur Ladung der kleinen Flasche verwendet worden ist. Diess kömmt daher, dass unser Gefühl vorzüglich durch die Heftigkeit der Ausladung afficirt wird, die bei einer vollgeladenen kleineren Flasche bei weitem grösser ist, als bei einer mehrere Male grösseren, aber weniger geladenen Flasche. Die Entwickelung von Wärme hingegen und die chemischen Zersetzungen richten sich mehr nach dem Umfange der belegten Oberfläche der Flasche, d. h. nach der Menge von Elektricität, welche diese aufzunehmen vermag, so dass recht oft ein minder heftiger Schlag von einer

Batterie Metalle schmilzt und Körper entzündet, welche von dem heftigen Schlage einer kleinen Flasche keine Veränderung erlitten haben würden.

Die grösste bis jetzt bekannte Elektrisirmaschine, nebst zugehörigem Ladungs-Apparat, ist die, unter van Marum's Aufsicht befindliche, im Teyler'schen Museum zu Harlem.

Aus der Eigenschaft der Nichtleiter, Ladung anzunehmen, oder aus dem Umstande, dass, wenn diese auf der einen Seite irgend eine E erhalten, die entgegengesetzte E auf der andern gebunden wird, lassen sich verschiedene andere, sehr sonderbare Erscheinungen der Elektricität leicht erklären. Wenn man z. B. an dem einen Ende eines isolirten Conductors (Taf. I. Fig. 5. AB) ein Paar Korkkügelchen C an einem Faden aufhängt, und dem anderen Ende eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange D nähert; so trennen sich die Kugeln von einander; fallen aber gleich wieder zusammen, sobald man die Lackstange wegzieht, ohne dass der Conductor die mindeste Spur von E behält. Der Conductor hatte folglich keine E von der Siegellackstange erhalten, ungeachtet die Kugeln einander abstiessen. Diess kommt daher, dass die kleine Luftschicht a b zwischen dem Siegellack und dem Conductor ein Nichtleiter ist, welcher, wenn er auf der einen Seite a von dem Siegellacke — E erhält, auf der andern Seite b + E bindet. Diese muss er von dem Conductor entnehmen, dessen elektrischer Stoff dadurch zerlegt wird in + E, welche von der Luftschicht gebunden wird, und in — E, welche sich frei im Conductor äussert und die Korkkugeln zwingt, sich von einander zu entfernen. Nimmt man die Siegellackstange und damit zugleich die — E von der Seite a der Luftschicht hinweg, so hört der Ladungszustand der Luft auf, die + E im Conductor wird nicht mehr gebunden, sondern mit — E wieder zum unbemerkbaren Elektricum vereiniget. Wenn man aber, während man die Lackstange an den Conductor hält und die + E des letztern von der Luftschicht in b gebunden wird, den Conductor mit einem Finger berührt, so geht seine freie — E fort und die Kugeln fallen wieder zusammen. Nimmt man aber nun die Siegellackstange wieder weg, so wird die elektrische Ladung der Luftschicht dadurch, dass man ihr die — E in a entzieht, zerstört; die + E, welche vorher

gebunden war, wird frei, die Kugeln stossen sich wieder ab, und der Conductor wird durch diejenige + E elektrisch, welche, während das Siegellack ihm nahe war, durch den Finger von ihrer — E getrennt wurde.

Diese Erscheinung hat Anlass zu der Untersuchung gegeben, auf welche Weise die Elektricität fortgepflanzt wird, ob diess nämlich durch einen zusammenhängenden Strom, oder durch Theilung der Elektricitäten geschieht, wodurch in dem leitenden Körper Zonen von getheilter Elektricität entstehen, so dass, wenn z. B. + E durch einen Metalldrath strömen soll, durch die Einwirkung dieser + E in dem Drathe eine Menge Zonen gebildet werden, welche + E und — E in getrenntem Zustande enthalten, und in welchen die — E der ersten Zone die + E der nächsten Zone sättiget, die dadurch frei werdende + E dieser Zone mit der — E der folgenden sich vereiniget und so fort, bis endlich die + E der letzten Zone übrig bleibt, die nunmehr den ganzen Metalldrath durchlaufen zu haben scheint, ungeachtet sie sich nicht weiter, als die Theilung in Zonen erforderte, fortbewegt hat.

Mehrere Umstände deuten darauf hin, dass eine solche Theilung in Zonen wirklich statt finde, was besonders bei Halbleitern und Nichtleitern bemerkbar wird. Inzwischen gibt es dennoch auch Phänomene, welche durch eine solche Theilung in Zonen allein nicht erklärt werden können, z. B. das leichtere Ausströmen der Elektricität durch Spitzen; ihr leichterer Durchgang durch verdünnte Luft und durch den luftleeren Raum; die Eigenschaft gewisser Halbleiter, welche die eine Elektricität leichter durchlassen, als die andere; die Löcher, welche die entladene Elektricität durch dünne Körper etc. schlägt, — die sowohl für eine Theilung in Zonen, als für ein Durchfahren von entgegengesetzten Strömen zu sprechen scheinen.

Der Elektrophor. Hierauf gründet sich die Lehre von einer anderen Art Elektrisirmaschine, die man Elektrophor nennt. Sie besteht aus einer dünnen Harzscheibe, die auf einen Teller von Messing- oder Eisenblech gegossen ist. Schlägt man diese Scheibe mit Katzenfell, oder irgend einem wollenen Zeuge, so wird die obere Fläche negativ elektrisch, die untere, dem Metallteller zugekehrte Seite aber positiv, in sofern der Teller in leitender Verbindung mit der Erde steht,

und an diese eben so viele + E absetzen kann, als durch das Reiben der andern Seite des Harzkuchens — E erregt wird. Auf Taf. I. Figur 6. stellt z. B. AB den Harzkuchen des Elektrophors, CD aber den Messingteller vor, auf welchen er gegossen ist. Die obere Seite des Kuchens habe ferner — E, die untere Seite aber + E empfangen, und der Teller CD sei, wie der Conductor in den vorigen Versuchen, isolirt. Seine elektrische Materie muss sich dann trennen in — E, welche durch die + E der untern Seite des Harzkuchens gebunden, und in + E, welche frei wird. Legt man nun eine Metallscheibe EF auf die obere Seite des Kuchens, so muss ihre elektrische Materie sich auf gleiche Weise theilen, nämlich in + E, welche von der — E des Harzkuchens gebunden, und in — E, welche frei wird. Stellt man dann mit dem Finger eine leitende Verbindung zwischen C und E her, so fühlt man einen Stoss in der Hand, weil sich die freie + E des Tellers mit der freien — E der Metallscheibe verbindet, und alle Zeichen der Elektricität des Elektrophors hören auf. Wenn man aber die Metallscheibe EF mittels eines Nichtleiters, z. B. an dem gläsernen Griffe G, vom Harzkuchen aufhebt, so wird die + E der ersteren nicht mehr an die — E des letztern gebunden, sondern frei, und die dadurch positiv elektrisch gewordene Metallscheibe theilt den ihr genäherten Körpern + E mit. — Ist der Teller des Elektrophors CD nicht isolirt, so entweicht seine frei gewordene + E und theilt sich der Erde mit, berührt man dann die Metallscheibe EF, so entweicht ihre — E mit einem Funken, während ihre + E von der — E des Kuchens zurückgehalten wird.

Diese mit einem Glasgriffe versehene Metallscheibe nennt man den Deckel oder die Trommel des Elektrophors. Sie muss wohl abgerundet und ohne alle Spitzen sein. Legt man den Deckel, nachdem man ihm seine + E entzogen hat, wieder auf den Kuchen, so geht dieselbe Theilung der Elektricitäten von Neuem vor sich. Entladet man den Deckel mit dem Finger und hebt ihn dann vom Harzkuchen auf, so erhält man wieder + E; dabei giebt der Deckel jedesmal einen Funken, und man kann durch die Wiederholung dieses Verfahrens Flaschen laden, und damit einen grossen Theil der elektrischen Erscheinungen darstellen, die man mit der gewöhnlichen Elektrisirmaschine hervorbringt.

Da der Harzkuchen bei diesem Elektrisiren keine E verliert, sondern ihre Erscheinung einzig und allein von der Theilung der elektrischen Materie des Deckels herrührt, so ist diese Art Maschine fortwährend elektrisch und hat daher von ihrem Erfinder, Volta, den Namen *Elettrofore perpetuo* (immerwährender Elektricitätsträger) erhalten. — Hat der Deckel Spitzen oder Ecken, so wehen diese der Oberfläche des Harzkuchens entgegengesetzte Elektricität zu und zerstören dadurch dessen elektrische Kraft.

Die Art und Weise, wie die elektrischen Erscheinungen, bloss durch Zertheilung der elektrischen Materie der Körper und ohne Mittheilung, fortdauernd unterhalten werden können, muss man sich so vorstellen, dass das Elektricum von allen Körpern geleitet wird, dass ferner Leiter und Nichtleiter es nur sind in Bezug auf dessen Bestandtheile + E oder — E, so dass ein Körper, wenn er durch die Zertheilung seines natürlichen elektrischen Stoffs einen Theil desselben einbüsst, von seinen Umgebungen wieder eine neue Menge davon annimmt, wodurch der elektrische Stoff allenthalben im Gleichgewichte erhalten wird.

Die beste Harzmasse zum Kuchen des Elektrophors wird aus 10 Theilen Schellack, 3 Theilen Harz, 2 Theilen venetianischen Terpenthin, 2 Theilen Wachs und ½ Theile Pech gemacht. Ein dünner Kuchen gibt mehr Elektricität, als ein dicker. Grosse Elektrophore leisten selten so viel, als sie kosten, und sind schwer zu handhaben.

Condensatoren. Auf gleichen Grundsätzen, wie der Elektrophor, beruht auch ein anderes elektrisches Instrument, welches man Condensator (Elektricitäts-Sammler) nennt, weil es dazu dient, kleine Mengen Elektricität, die sonst nicht auf das Elektrometer wirken würden, auf einer kleineren Oberfläche zusammenzuhalten. Es besteht aus zwei ebenen Metallscheiben, welche, zur Verhütung aller Ableitung, rund und gut polirt sein müssen. Auf die untere Scheibe (Taf. I. Fig. 7.) ABC, tröpfelt man am Rande herum 3 Tropfen Siegellack, a, b, c, die gleichweit von einander abstehen und von einerlei Höhe sein müssen. Auf diese legt man sodann die andere Scheibe, wie in Fig. 8. CD auf AB. Zwischen diesen zwei Scheiben, welche folglich keine leitende Gemeinschaft mit einander haben, ruht nun eine Luftschicht, die eines

gewissen geringen Grades von elektrischer Ladung fähig ist, auf dieselbe Weise, wie ich oben bei dem Versuche mit den Korkkugeln am Conductor (Fig. 5.) gezeigt habe. Der Körper, dessen Elektricität man untersuchen will, wird nun in Berührung mit CD gebracht, während man AB mit dem Finger oder mit irgend einem andern Leiter berührt. Dadurch wird die, der Scheibe CD zugekehrte, Seite der Luftschicht mit der Elektricität des untersuchten Körpers geladen, während ihre entgegengesetzte Seite durch die Scheibe AB und den Finger die gleichnamige Elektricität von sich giebt, und dabei die entgegengesetzte Elektricität auf der untern Seite der Luftschicht bindet. Hebt man nun die Scheibe CD empor, die zu diesem Behufe mit einem gläsernen Griffe E versehen sein muss; so wird die Ladung der Luft zerstört, und alle Elektricität, welche dem untersuchten Körper durch CD zu dieser Ladung entzogen wurde, wird nunmehr in der kleinen Metallscheibe auf einmal frei, und kann mit dem Elektrometer entdeckt werden.

Auf diese Weise kann man die Erregung der Elektricität bei chemischen Arbeiten entdecken, die ausserdem nicht wahrnehmbar sein würde; wenn man z. B. einen Stahldrath, um ihn mit einem isolirenden Handgriffe zu versehen, in der Mitte mit Siegellack überzieht, dann das eine Ende desselben in eine Lichtflamme, oder in glühende Kohlen, oder in ein Glas steckt, welches ein Gemenge von Zink oder Eisen mit etwas Säure und Wasser, welche das Metall auflösen, enthält, und dann das andere Ende auf die Scheibe CD bringt, indem man AB zugleich mit dem Finger berührt, so findet man nach einigen Secunden, dass der Drath, wenn man ihn wegnimmt und CD emporhebt, elektrisch geworden ist. Die Elektricität, welche bei dem chemischen Prozesse, aus welchem die Verbrennung oder Auflösung besteht, frei wird, und die in jedem Augenblicke zu unbedeutend war, um auf das Elektrometer merklich wirken zu können, hatte sich bei diesem Versuche in CD gesammelt und die Luftschicht geladen, wurde aber, als man CD aufhob und die Ladung zerstörte, auf einmal frei und bemerkbar.

Man hat mehrerlei Arten von Condensatoren, und der hier beschriebene ist zwar nicht der beste und empfindlichste, aber doch der einfachste. Die Beschreibung desselben

ist hier hauptsächlich deshalb gegeben worden, um einen theoretischen Begriff von dieser Art von Instrumenten zu geben, deren richtige Anwendung übrigens verschiedene Kenntnisse und grosse Uebung erfordert, wozu ein chemisches Lehrbuch keine Anleitung geben kann.

2. Erregung der Elektricität durch Veränderung der Temperatur.

Je mehr wir die elektrischen Erscheinungen kennen lernen, desto mehr werden wir zu der Vermuthung berechtigt, dass die Elektricitäten sich in keinem Körper in völligem Gleichgewichte befinden, wiewohl ihre Vertheilung für unsere äussere Sinne so lange unbemerkbar bleibt, bis sie durch irgend einen Umstand so vermehrt wird, dass wir sie wahrnehmen können. Wir werden einige von den Umständen durchgehen, welche die ursprüngliche elektrische Vertheilung bemerkbar zu machen scheinen, und dabei zuerst von der Temperatur-Veränderung sprechen.

Gewisse krystallisirte Körper des Mineralreichs haben die Eigenschaft, dass sie durch Erwärmen, und so lange die Erwärmung fortdauert, elektrisch werden, dann aber, wenn die Temperatur einen gewissen Grad erreicht, die Elektricität wieder verlieren, dass jedoch diese wieder von Neuem zum Vorschein kommt, wenn der Körper wieder erkaltet. In diesem Falle häufen sich die entgegengesetzten Elektricitäten in zwei entgegengesetzten Punkten des Krystalls an, die an dessen Endspitzen liegen, so dass die elektrische Axe mit der Krystall-Axe zusammenfällt, was selbst dann der Fall ist, wenn bei dem angewendeten Stücke diese Axe von geringerer Dimension, als der Durchmesser des Querschnitts ist. Die beiden entgegengesetzten elektrischen Punkte nennt man die elektrischen Pole und einen auf diese Weise elektrisirbaren Körper elektrisch-polarisch.

Man hat gefunden, dass der Punkt, in welchem durch Erwärmung + Elektricität entsteht, beim Erkalten zum — Pole wird. Wenn man einem elektrisch-polarischen Körper kleine Papierschnittchen oder andere leichte Körper nahe bringt, so werden dieselben von den Polen angezogen und sammeln sich rund um dieselben an; oder sie werden auch wohl, wenn die Elektricität stark ist, von den Polen wechselsweise angezogen

und abgestossen. Diess ist in höherem oder minderem Grade bei mehreren Mineralien der Fall, z. B. bei den verschiedenen Arten des Turmalins, dem Mesotyp, Topas, Prehnit, u. m. a. Der Umstand, dass die elektrische und Krystallisations-Axe zusammenfallen, scheint zu beweisen, dass die Eigenschaft, elektrisch zu werden, von einer elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen herrühre, und dass diese Polarität höchst wahrscheinlich an der Bildung der regelmässigen Krystall-Gestalten Antheil gehabt habe *).

Verschiedene erstarrende oder schmelzende Körper entwickeln, während dieser Veränderung ihrer Aggregationsform, eine grosse Menge Elektricität; wenn z. B. Wasser in einer elektrischen Ladungsflasche, deren äussere Belegung nicht isolirt ist, schnell zu Eis erkaltet wird, so erhält die Flasche, nach Grotthus's Versuchen, eine schwache Ladung; die innere Belegung wird nämlich positiv, die äussere negativ elektrisch. Wird das Wasser schnell aufgethaut, so wird in umgekehrter Ordnung die innere Belegung negativ und die äussere positiv. Gerinnendes Wachs und Chokolade werden

*) Schon Linné schrieb, aus einer Art von dunklem Vorgefühl, die Erscheinungen am Turmalin der Elektricität zu. Aepinus erwies ihre wirkliche elektrische Natur, ohne aber eine Erklärung davon geben zu können. Wilcke, ein Augenzeuge von Aepinus Versuchen, bewog die Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, einige Turmaline kaufen zu lassen, die damals sehr theuer waren und selten anders als geschliffen im Handel vorkamen. Die Sendung der gekauften Edelsteine gerieth zufällig zuerst in Bergman's Hände, welcher, bevor er sie der Akademie übergab, einige Versuche damit anstellte, aus denen die Kenntniss von dieser Art elektrischer Erscheinungen, wie wir sie jetzt davon haben, hervorgegangen ist. Die Resultate davon theilte er bei Uebersendung der Turmaline der Akademie mit; Wilcke aber sah sich veranlasst, über dieses Verfahren Bergman's grosse Beschwerde zu führen. — Becquerel, wie es scheint, unbekannt mit Bergman's Versuchen, ist neuerlich zu denselben Resultaten gelangt und hat ihnen noch die sehr merkwürdige Thatsache hinzugefügt, dass, wenn man die eine Hälfte eines etwas langen Turmalinkrystalls erhitzt, ohne dabei die Temperatur der anderen Hälfte zu ändern, beim nachherigen Abkühlen des erwärmten Theiles nur eine einzige E entsteht, und zwar dieselbe, die darin entstanden wäre, wenn beide Pole erwärmt worden wären; die andere Hälfte dagegen zeigt keine Spur der entgegengesetzten E.

oft beim Erstarren so elektrisch, dass sie leichte Körperchen anziehen. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wird der luftförmige Theil derselben negativ, der noch flüssige aber positiv elektrisch; umgekehrt wird bei Condensirung eines Gases der condensirte Theil negativ und der noch gasförmige positiv elektrisch. Es ist jedoch schwierig, diese Versuche so anzustellen, dass die frei werdenden Elektricitäten entdeckt und erkannt werden können.

3. Erregung der Elektricität durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper.

Mannigfaltige Erfahrungen haben uns gelehrt, dass, wenn zwei isolirte verschiedenartige Körper mit einander in Berührung gebracht und dann wieder von einander getrennt werden, der eine freie + E und der andere freie — besitze, die sich nicht frei offenbarten, als die Körper noch mit einander in Berührung waren. Die natürliche Beschaffenheit der sich berührenden Körper bestimmt dabei sowohl den Grad der elektrischen Vertheilung, als auch die Art der Elektricität, welche in jedem der beiden Körper frei wird.

Der Grad der elektrischen Vertheilung scheint, unter übrigens gleichen Umständen, von dem Grade der chemischen Verwandtschaft dieser Körper abhängig zu sein, so dass sie bei starken Verwandtschaften ebenfalls stark, bei schwächeren aber unbedeutend oder gar null ist. Die Art der Elektricität hingegen, die in einem Körper frei wird, beruht auf seiner chemischen Natur. So wird z. B. unter den brennbaren Körpern derjenige, welcher durch Oxydation das stärkste alkalische Oxyd bildet, (d. h. dessen Oxyde die grösste Verwandtschaft zu den Säuren im Allgemeinen besitzen) — positiv elektrisch, der andere aber negativ, sein Oxyd mag sich übrigens ebenfalls mit Säuren vereinigen können, oder auch selbst eine Säure sein. Sind die in Berührung kommenden Körper bereits oxydirt, so gilt dasselbe. Die Körper, welche am besten zu diesen Versuchen sich eignen und auch am meisten dazu benutzt werden, sind Zink und Kupfer, oder Zink und Silber. Von ihnen giebt Zink das stärkste alkalische Oxyd, und nimmt daher auch stets positive Elektricität an.

Man kann sich sehr leicht durch einen einfachen Versuch von der durch Berührung erregten Elektricität überzeugen, wenn man eine kleine Zinkplatte und eine Silber- oder Kup-

fermünze nimmt, an jedes einen isolirten Griff (z. B. von Siegellack) befestiget, und beide zusammenführt, dann aber wieder trennt, wo man mit Hülfe des Condensators am Zink + E, am Silber oder Kupfer aber — E bemerken wird. Gepulverte Körper siebt man durch ein Sieb von Silberdrath. Das Pulver wird durch die Berührung des Silberdraths elektrisch, und wenn man es auf einer, auf der untern Seite belegten, Glasscheibe auffängt, so kann dessen Elektricität vermittelst des Condensators untersucht werden.

Die Ursache, warum Körper durch Berührung elektrisch werden, kennt man noch nicht mit völliger Gewissheit. Wenn es richtig ist, in allen Körpern einen gewissen Grad von Elektricität im Vertheilungszustande anzunehmen, und wenn dieser Zustand auf der elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen beruhet; so muss die beschriebene Erscheinung ihren Grund darin haben, dass die Metalle im Augenblicke ihrer Berührung einen Theil ihrer entgegengesetzten Elektricitäten (nämlich der — E des Zinks und der + E des Silbers) sättigen, wo dann bei der Trennung im Zink + E und im Silber — E frei wird, ungefähr so, wie beim Aufheben des Deckels vom Harzkuchen des Elektrophors. Ich werde in der Folge Versuche anführen, welche dieses Verhalten zu bestätigen scheinen.

Wenn die durch Berührung erregte Elektricität das Ladungsmittel für Nichtleiter, Halbleiter oder schlechte Leiter wird, so entstehen, nach der verschiedenen Natur und Zusammenstellung der geladenen Körper, mancherlei verschiedenartige elektrische Erscheinungen.

A) Wenn man einen Nichtleiter, z. B. eine ganz dünne Scheibe von Glas, Harz, Schwefel, Taffet, oder dergleichen, auf der einen Seite mit einer dünnen Zinkscheibe, auf der andern mit einer Silberplatte belegt und mehrere solche Schichten so über einander stellt, dass die Silberseite der einen Schicht auf die Zinkseite der andern zu liegen kommt, so wird die nichtleitende Scheibe durch die Berührungs-Elektricität in einem geringen Grade geladen; diese Ladung ist jedoch so schwach, dass sie nicht eher bemerkbar wird, als bis man 15, 20 bis 30 solcher belegter Scheiben zusammenstellt. Bringt man die äusseren Belegungen der obersten und untersten Metallplatten durch einen Metalldrath in Verbindung, so entladet sich die Elektricität; es dauert dann aber eine kleine Weile,

bis die Platten wieder eine neue Ladung annehmen. Die Ursache dieses Verzugs liegt in der Langsamkeit, womit sich die Elektricitäten, bei einer so schwachen Kraft, wie die Berührungs-Elektricität ist, durch Nichtleiter vertheilen.

Der Grund, warum mehrere zusammengelegte Scheiben eine höhere Intensität der Ladung hervorbringen, ist darin zu suchen, dass, wenn zwei belegte Scheiben zusammengelegt und durch Berührung ihrer, einander zugekehrten inneren Seiten elektrisch werden, ihre äusseren Belegungen zugleich freie Elektricität empfangen. Wird nun eine dritte Scheibe mit der entgegengesetzten Belegung darauf gedeckt, so wird diese nicht allein durch die in der Belegung der zweiten Scheibe frei gewordene Elektricität, sondern auch von dem neuen Antheil derselben geladen, welche durch die Berührung des 2ten und 3ten Paares der ungleichartigen Metallplatten erregt wird, und daher wird die Ladung aller drei Paare stärker, als bei den ersten zwei Paaren; legt man eine vierte Scheibe darauf, so nimmt diese nicht nur die freie Elektricität der obern Belegung der dritten Scheibe auf, sondern erhält auch noch die zwischen dieser und ihrer eigenen Belegung erregte Berührungs-Elektricität, und es entsteht dadurch eine grössere Vertheilung von E in jeder der vier Scheiben, als vorher bei dreien statt fand. Auf diese Weise wird die Intensität der Ladung mit jeder neu hinzugefügten Scheibe vermehrt. Es wirken also hier Ursachen, denjenigen ganz analog, vermöge deren ein Magnet über einem Amboss oder einer anderen grossen Eisenmasse ein grösseres Stück Eisen, als ausserdem, trägt, und dasselbe fallen lässt, sobald man den Amboss wegzieht, wie weiter unten bei der Lehre vom Magnetismus gezeigt wird.

B) Wählt man, statt der Nichtleiter, **Halbleiter**, so entstehen gleiche Ladungs-Phänomene; nur wird die Ladung in wenigen Augenblicken nach der Entladung wieder hergestellt, weil die Vertheilung der Elektricitäten in den belegten Halbleitern mit weit grösserer Schnelligkeit, als in den vorher erwähnten Nichtleitern vor sich geht. Wenn man 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll grosse Scheiben von Papier, welches auf der einen Seite mit unechtem Blattsilber (dünn geschlagenem Zinn) und auf der anderen mit unechtem Blattgold (dünn geschlagenem Messig) oder Blattkupfer bekleidet ist, von welchen dieses das Kup-

fer und jenes das Zink vorstellt, so auf einander legt, dass die Silberbelegung der einen auf die Goldbelegung der andern zu liegen kommt, so erhält man eine ähnliche Vorrichtung, wie die oben beschriebene, nur mit dem Unterschiede, dass hier das Papier der Körper ist, welcher die Ladung annehmen soll. Um die Ladungsphänomene eines solchen Apparats bemerkbar zu machen, muss man 600 bis 1000 Paar Scheiben, und mehr, über einander legen, und sie gelind zusammenpressen, damit das Papier mit dem Zink gehörig in Berührung kommt. Man pflegt diese Scheiben mit einem Cylinder oder Futteral von Glas zu umgeben, welches an beiden Enden mit luftdicht aufgekitteten Messingkappen und mit Metallknöpfen versehen ist, welche mit der äusseren Belegung der obersten und untersten Papierscheibe in unmittelbarer Berührung stehen. Der eine dieser Knöpfe ist dann fortdauernd positiv, der andere beständig negativ. Hat man mehrere dergleichen Säulen und stellt solche so zusammen, dass sie einander mit den entgegengesetzten Polen berühren, so wird die Intensität ihrer Erscheinungen um ein bedeutendes vermehrt.

Man hat solche Säulen auf mancherlei Weise zusammengesetzt, z. B. mit Schichten von trockener Stärke zwischen Platten von Zink und Silber; man hat ferner Scheiben von unechtem Silberpapier (in welchem das Zinn die Stelle des Zinks vertritt) mit einem Gemenge von Honig und feingeriebenem Braunstein bestrichen, welcher letztere, wie alle Superoxyde, durch seinen Ueberschuss an Sauerstoffgehalt, gegen alle brennbare Körper negativ ist und hier das Blattsilber ersetzt. Man hat diese Säulen mit geschmolzenem Harz oder Schwefel überzogen; aber alle dergleichen Säulen sind weit schwächer und verlieren ihre Wirksamkeit viel eher, als die oben beschriebenen.

Bringt man die Pole einer solchen Säule in eine leitende Verbindung, so entsteht eine Entladung, die sich im nächsten Augenblicke wiederholt, weil die Metallplatten der Säule durch ihre Berührung fast augenblicklich einander wieder laden. Dessen ungeachtet entsteht, wenigstens bei den kleineren bis jetzt benutzten Apparaten, dabei kein fühlbarer Stoss oder Schlag, und wenn die Entladung durch Flüssigkeiten geschieht, so werden diese nicht merklich verändert oder zerlegt. Doch wird behauptet, dass diese Säulen, wenn die dazu angewen-

deten Papierscheiben 3 bis 6 Zoll Durchmesser haben, und auf ihrer ganzen Oberfläche belegt sind, schwache chemische Wirkungen hervorbringen sollen, denen ähnlich, von welchen ich weiter unten ausführlicher sprechen werde. Zamboni versichert, dass Säulen von 2000 Platten bei der Entladung Funken geben können, welche 1 Linie lang und bei Tage sichtbar sind. Er giebt an, dass diese Funken sogar bis zu ½ Zoll Länge erhalten werden können, wenn der Polknopf, welchem sie entlockt werden, gut isolirt und in ein Glas eingeschlossen ist, worin die Luft trocken erhalten wird.

Die merkwürdigste Erscheinung, die man mit diesen Säulen bisher hervorgebracht hat, ist die, dass das Ende einer, an einer leicht beweglichen Axe senkrecht aufgehängten, isolirten, dünnen Nadel zwischen den Polknöpfen zweier in geringer Entfernung von einander aufgestellten Säulen fortdauernd hin und her schwingt. Die Säulen entladen sich nämlich durch die oscillirende Nadel, erhalten diese dadurch in unaufhörlicher Bewegung, und bilden so eine Art von *Perpetuum mobile.* Auch hat man an den Polen isolirte Glöckchen angebracht, und zwischen diesen eine leichte hohle Metallkugel aufgehängt, welche, durch Entladung der Säule in Bewegung gesetzt, zwischen den Glocken hin und her schwingt und ein Geklingel hervorbringt, welches in manchen Fällen mehrere Monate ununterbrochen fortdauert. Bisweilen hört es auf, fängt aber nach einiger Zeit von selbst wieder an.

Man hat geglaubt, dass die Ladungs-Intensität dieser Säulen von dem elektrischen Zustande der Luft abhinge, und dass die Anzahl der Schwingungen der beschriebenen Nadel binnen eines gegebenen Zeitraumes über die Luft-Elektricität Aufschlüsse geben könne. Allein neuere, mit grösserer Genauigkeit angestellte Versuche haben dargethan, dass die beobachteten Unterschiede in den Schwingungen ihren Grund theils in den Temperaturveränderungen, theils in der ungleichen Feuchtigkeit der Luft haben, wodurch sowohl die elektromotorische Kraft der Säule, als auch die elektrische Intensität ihrer Pole verändert wird, je nachdem die grössere oder geringere Trockenheit die Luft mehr oder weniger isolirt.

Es ist behauptet worden, dass die Erscheinung des Ladens dieser elektrischen Apparate von Feuchtigkeit im Papiere herrühre; allein Jäger hat gezeigt, dass dergleichen Säulen, wenn

sie auch nach vollkommener Austrocknung weniger bedeutende Spuren von Electricität bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft äussern, weil das Papier in einen Nichtleiter verwandelt worden ist, dennoch bei höherer Temperatur, z. B. zwischen + 40° und 60°, ihre erste elektrische Ladung wieder erlangen, und wieder völlig so stark elektrisch werden, als wenn bei der gewöhnlichen Luft-Temperatur das Papier nicht vollkommen ausgetrocknet ist; und diess ist selbst dann der Fall, wenn die Säulen in Futterale eingeschlossen sind, die keine Feuchtigkeit durchlassen. Die Ursache dieser Erscheinung scheint darin zu liegen, dass warmes und trockenes Papier ein Halbleiter, wasserfreies und kaltes Papier hingegen ein Nichtleiter ist. Man hat geglaubt, dass diese so eingerichteten Säulen nur bei Gegenwart der Luft wirksam sein könnten. Sie bleiben aber im luftleeren Raume eben so elektrisch und fahren darin weit regelmässiger fort, die kleinen Ausladungsapparate zu bewegen, als in der Luft selbst.

Man hat gefunden, dass die Wirksamkeit dieser Säulen nach längerer Zeit abnimmt und endlich ganz aufhört. Die Ursache davon ist noch nicht ausgemittelt, dürfte aber wohl in der Veränderung liegen, welche die unausgesetzten elektrischen Ladungen in der Zusammensetzung des Papiers hervorbringen, oder in der Oxydation der Metalle, oder in einem ähnlichen Umstande, da es nicht in der Theorie begründet zu sein scheint, dass die Wirksamkeit dieser Säulen nothwendig aufhören müsse.

C) Wir kommen nunmehr zu den merkwürdigsten Erscheinungen, welche die Berührungs-Elektricität hervorbringt. Wenn man, anstatt der erwähnten festen Nichtleiter oder Halbleiter, ein Liquidum anwendet, welches die Elektricität leitet, so nehmen die Wirkungen der elektrischen Vertheilung auf eine höchst erstaunenswürdige Weise zu. Nimmt man z. B. ein Stück Silbergeld (Taf. I. Fig. 9) AB, und ein gleich grosses Stückchen Zink CD, und legt, wie die Fig. zeigt, das eine auf, das andere aber unter die Zunge, so fühlt man, wenn beide Metallscheiben vor der Spitze der Zunge sich berühren, auf dieser einen brennenden Geschmack, der beim Zinke an das Saure gränzt, beim Silber aber unbestimmter ist. Dieser Geschmack hört auf, wenn man die Metalle von einander trennt, d. h. wenn sie nicht mehr durch

durch Berührung elektrisch sind. Hierbei ist die Feuchtigkeit der Zunge das Mittel, durch welches die freie Elektricität der Metalle, wenn ich so sagen darf, ihre Ladungskraft ausübt, und die Folge dieser Ladung ist, ausser dem Gefühle, welches der Durchgang der Elektricitäten in den Nerven verursacht, eine Veränderung in der Feuchtigkeit selbst, indem gewisse Bestandtheile derselben sich nach dem Silber, andere nach dem Zinke hin ziehen, wie weiter unten gezeigt werden wird. Legt man ein Stückchen Zink auf die innere Seite der einen und eine Silbermünze auf die innere Seite der anderen Wange, und verbindet dann beide Metalle ausserhalb mittelst eines Silberdrahts mit einander, so empfindet man im ersten Augenblicke der Berührung einen Lichtschein im Auge, der aber schnell wieder verschwindet, während das brennende Gefühl in der Nähe der Metalle eine fortdauernde Ausladung zu erkennen giebt. So oft man die unterbrochene Leitung mittelst des Draths wieder herstellt, erscheint auch der Blitz im Auge wieder, der nichts anders ist, als die Wirkung der ersten Heftigkeit der elektrischen Entladung, die sich bis zu den Sehnerven erstreckt und als Licht empfunden wird, weil alle Eindrücke auf diese Nerven die Empfindung des Lichts hervorbringen, selbst wenn sie bloss mechanisch sind, wie z. B. Stösse in's Auge, Reiben derselben u. s. w.

Während die Flüssigkeit auf diese Weise durch Entladungen der freiwerdenden Elektricität der Metalle afficirt wird, wirkt die Ursache der Vertheilung der Elektricitäten durch die Berührung unausgesetzt fort, d. h. es findet zwischen den Metallen selbst eine beständige Ausladung statt, durch welche sie immer von Neuem wieder elektrisch werden.

Wollaston hat durch einen höchst sinnreichen Versuch diese Ausladungen auf eine ganz unerwartete Weise dargethan. Der Apparat selbst, dessen er sich dazu bedient, ist ein kupferner Nähring, wie ihn die Schneider zu brauchen pflegen, welcher so zusammengedrückt ist, dass er eine sehr in die Länge gezogene Ellipse bildet. In diesem Ring ist eine Zinkscheibe durch Siegellack so befestigt, dass sie mit demselben ausser aller leitenden Gemeinschaft steht, und beide Metalle sind mittelst eines, vom Ringe hervorstehenden kleinen metallenen Griffs, durch ein kurzes schmales und bis zur äussersten Feinheit ausgestrecktes Platinstreifchen, mit einander

verbunden. Wenn man nun diesen kleinen Apparat bis zu $\frac{3}{4}$ seiner Höhe in verdünnte Chlorwasserstoffsäure eintaucht, und die Berührungs-Elektricität des Zinks und Kupfers durch diese stark leitende Flüssigkeit schnell entladen wird, so erfolgt in dem Berührungspunkte der Metalle die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, durch welche die Berührungs-Elektricität entsteht, mit einer solchen Heftigkeit, dass das kleine Platinstreifchen, welches den Berührungspunkt der Metalle bildet, wie ein Feuerfunke glüht, so dass man Schwamm daran anzünden kann. Ein glücklicher Erfolg dieses Versuchs ist noch gewisser, wenn man den Apparat grösser macht; allein, weil die Theorie voraussagt, dass er auch im Kleinen gelingen müsse, so hatte Wollaston sich vorgesetzt, die Richtigkeit der theoretischen Ansicht durch seinen Versuch zu bestätigen.

Durch diesen Versuch wird folglich erwiesen, dass, während die durch Berührung entstandene Elektricität durch die Flüssigkeit entladen wird, dieselbe eben so schnell durch die fortdauernde Entladung zwischen den Metallen in dem Berührungspunkte wieder erregt wird, und dass daher in diesem kleinen Apparate das Elektricum, (wenn dieses wirklich nicht bloss eine unsere Erklärungen erleichternde Vorstellung ist) unaufhörlich zerlegt und wieder zusammengesetzt wird.

Man hat mehrere Arten, eine Flüssigkeit zwischen elektrische Metalle zu bringen. Die gewöhnlichste und wirksamste ist die, dass man Pappscheiben, die etwas kleiner, als die Metallplatten, geschnitten sind, mit der Flüssigkeit anfeuchtet. Legt man nun mehrere Schichten in folgender Ordnung: Zink, Silber, feuchte Pappe, Zink, Silber, Pappe u. s. fort, über einander, und schliesst die Schichten mit Silber, so bildet sich daraus eine sogenannte elektrische oder Volta'sche Säule, in welcher die Intensität der elektrischen Erscheinungen, auf die oben beschriebene Weise, sich mit der Anzahl der Plattenpaare vermehrt. Diese Säulen geben schon fühlbare Stösse, entladen sich mit Funken, und zerlegen die Flüssigkeit, durch welche die Entladung geschieht. Ihre Wirksamkeit ist im ersten Augenblicke am grössten; nimmt dann fortdauernd ab, und hört in zwei- bis dreimal 24 Stunden ganz auf.

Die Flüssigkeiten, welche man dazu anwenden kann, sind Mischungen von Säuren und Wasser, oder Auflösungen

von Alkalien oder Salzen in Wasser. Reines Wasser wirkt nur sehr schwach, weil es ein schlechter Leiter ist, und die Wirkungen in dem Maasse zunehmen, als eine Flüssigkeit die Elektricität schnell leitet. Ein Zusatz eines Salzes macht das Wasser zu einem besseren Leiter und vermehrt die Wirksamkeit der Säule sehr bedeutend. Wird aber ausserdem der dem Wasser zugesetzte Stoff leicht zerlegt, so wird die Wirkung noch grösser, so dass z. B. Salpetersäure kräftiger als Schwefelsäure, Chlorammonium kräftiger als Chlornatrium wirkt. Die Stoffe, welche man am meisten dazu angewendet hat, sind Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorwasserstoffsäure, schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Chlorammonium, Alaun u. m. a., die entweder für sich, oder mit Zusatz einer Säure in Wasser aufgelöst werden.

Man hat gefunden, dass Salpetersäure die stärkste elektrische Ladung giebt, dass aber auch ihre Wirkung bald aufhört. Ihre Wirksamkeit steht mit ihrer Concentration in geradem Verhältnisse, so dass, nach Thenard's und Gay-Lussac's Versuchen, bei einem Zusatze von 10, 20, 30, 40 oder 80 Theilen starker Salpetersäure zu einer gegebenen Menge Wassers, die Intensität der durch diese saure Flüssigkeit erregten elektrischen Erscheinungen sich ebenfalls wie 10, 20, 30, 40 oder 80 verhält. Schwefelsäure bringt eine weniger kräftige und eben nicht länger anhaltende Wirkung als die Salpetersäure hervor. Chlorwasserstoffsäure wirkt noch schwächer als Schwefelsäure, aber länger. Wenn es daher darauf ankommt, die höchste Wirksamkeit der Säule auf einen Augenblick zu benutzen, so bedient man sich der Salpetersäure; verlangt man aber eine länger fortwährende Wirkung, so muss man Chlorwasserstoffsäure anwenden.

Salzauflösungen wirken geringer als Säuren, ihre Wirkungen dauern aber viel länger. Chlorammonium kommt den Säuren am nächsten. Kochsalz, besonders in Essig aufgelöst, wirkt ebenfalls kräftig, und wird am allgemeinsten angewendet. Man hat übrigens beobachtet, dass die Wirkungen der Salzauflösungen nicht mit ihrer Concentration im Verhältnisse stehen, und dass überdiess verschiedene Salze auch verschieden wirken. Gay-Lussac und Thenard haben gefunden, dass eine elektrische Säule, welche mit einer Säure aufgesetzt, in einer gewissen Zeit, bei der Entladung durch

Wasser 87 Maass Gas giebt, mit einer Salzlösung aufgebaut, in gleicher Zeit, nur 12 Maass, hingegen dann 187 Maass Gas liefert, wenn man sie mit einer Salzauflösung aufbaut, zu welcher eben so viel Säure genommen worden ist, als vorher Wasser zur Auflösung des Salzes angewendet worden war. Uebrigens ist noch zu bemerken, dass die Wirkung der Säule um so grösser wird, je dünner die Schicht der Flüssigkeit zwischen den zwei verschiedenartigen Metallen ist.

Man hat mehrere Arten, diese elektrischen Säulen aufzubauen.

1) Die erste und gewöhnlichste Weise ist folgende: Platten von Zink und Kupfer, von der Grösse eines Thalers, werden zusammengelöthet, und dann so übereinandergelegt, dass zwischen jedes Plattenpaar eine Pappscheibe zu liegen kommt, die vorher mit einer Auflösung von Kochsalz in Essig gut durchtränkt worden ist. Wenn man die Säule so aufzubauen anfängt, dass beim untersten Plattenpaare die Kupferseite nach oben liegt, so müssen alle folgenden Plattenpaare in derselben Säule nach eben dieser Richtung eingelegt werden. Man kann zwar auch Metallplatten, die nicht zusammengelöthet sind, anwenden; allein es geschieht dann oft, dass die aus den Pappscheiben austretende Flüssigkeit zwischen die Platten selbst eindringt, wodurch die Wirksamkeit der Säule bedeutend vermindert wird. Mehr als 20, 30 bis 40 Paar Platten darf man in einer Säule deshalb nicht auf einander stellen, weil sonst die Flüssigkeit der unteren Pappscheiben durch den zu starken Druck herausgepresst wird; will man daher eine aus mehreren, z. B. 100 Paaren zusammengesetzte Kraft anwenden, so thut man besser, mehrere kleine Säulen aufzustellen und die entgegengesetzten Pole derselben durch Metalldräthe in Verbindung zu bringen. — In Fig. 10. Taf. I. ist eine solche Säule dargestellt. — Hat die Wirksamkeit der Säule aufgehört, so muss man sie aus einander nehmen, und die Metallplatten zum Behufe neuer Versuche durch Scheuern von der Oxydkruste reinigen, die sich während des Versuches auf ihrer Oberfläche ansetzt, und gewöhnlich ziemlich fest an dem Metalle haftet. Weil dieses Scheuern mit Unbequemlichkeit verbunden ist, so ist man auf andere Methoden bedacht gewesen, die es entbehrlich machen. Diese Methoden sind folgende:

2) Man lässt sich eine Anzahl von wenigstens 50 Stück kleinen Gläsern machen, von 1 Zoll Durchmesser auf dem Boden und 2½ bis 3 Zoll Höhe, die entweder ganz cylindrisch, oder auch mehr becherförmig wie Fig. II. Taf. I. gestaltet sind. Diese stellt man in ein Bret, worin für jedes Glas ein Loch eingeschnitten ist, zusammen, und füllt sie zu ⅜ ihrer Höhe mit schwacher Chlorwasserstoffsäure. Man nimmt dann eine hinreichende Anzahl ziemlich starker Kupferdräthe, von 7 bis 8 Zoll Länge, und giesst an das eine Ende eines jeden Draths, wenn es zuvor gehörig gereiniget und mit etwas Salmiakauflösung bestrichen worden ist, mittelst einer gewöhnlichen Kugelform, eine Zinkkugel an. Es geht auch an, das Ende des Kupferdraths in geschmolzenes Zink einzutauchen, so dass sich etwas Zinkmasse daran anhängt, und diese durch mehrmaliges Eintauchen zn vergrössern; diess geht aber langsamer von statten. Hat man auf diese Weise an jeden Kupferdrath eine Zinkkugel angeschmolzen, so werden dieselben so in die Gläser eingelegt, dass die Zinkkugel auf den Boden des Glases zu liegen kommt, der Drath aber so weit umgebogen, dass er in das nächste Glas bis zu ½ Zoll Entfernung von der darin befindlichen Zinkkugel hineinreicht. Je stärker der Drath ist, desto kräftiger ist die Wirkung des Apparats, und diese kann noch vermehrt werden, wenn der umgebogene Theil des Kupferdraths breit geschlagen wird, um ihm eine grössere Oberfläche zu geben. Man kann eben so schmale Streifen von Kupferblech und von Zinkblech anwenden, die mit dem einen Ende zusammengelöthet und so gebogen werden, dass das Zinkende in dem einen Glase steht und das Kupferende in dem nächsten. Dieser Apparat hat den Namen Volta's Becher-Apparat erhalten, und ist unter den kleineren der bequemste, kostet auch am wenigsten zu unterhalten. Will man die Versuche damit nicht weiter fortsetzen, so braucht man nur die Streifen herauszunehmen, in Wasser abzuspühlen und mit einem Tuche abzutrocknen. Bei einem neuen Versuche können sie in wenigen Minuten wieder eingelegt werden.

3) Trog-Apparate nennt man diejenigen Vorrichtungen, wo die Platten, ohne dazwischen gelegte Pappe oder Tuch, unmittelbar in der Flüssigkeit stehen. Die älteste Art von Trog-Apparaten wurde von Cruikshank angewendet, bei

welcher die zusammengelötheten Metallplatten, mit einem nicht leitenden Kitt eingefasst, in einen hölzernen Trog eingelegt werden, in welchen man die dazu bestimmte Flüssigkeit hineingiesst. Gewöhnlich bedient man sich dazu grösserer, viereckiger Platten, meist von 4 Zoll Länge und Breite, also von 16 Quadratzoll Oberfläche. Nach jedem Versuche wird die Flüssigkeit wieder ausgegossen, der Trog mit reinem Wasser ausgewaschen, abgetropft und getrocknet.

Diese erste Einrichtung der Trog-Apparate ist späterhin in England um vieles verbessert worden. Man macht jetzt Tröge von Porzellan, die durch Zwischenwände in 10 bis 12 Fächer getheilt sind, wie Fig. 12. Tafel I. zeigt. In London werden dergleichen Tröge von 14½ Zoll Länge und 6 Zoll Breite verfertiget, welche 10 Abtheilungen enthalten. In diese werden nun die Platten so eingesetzt, dass eine Kupfer- und Zinkplatte mittelst eines 1 Zoll breiten Kupferstreifens (wie Fig. 13. Taf. I.) mit einander verbunden und das Ganze so zusammengestellt wird, wie Fig. 14. zeigt. AB ist nämlich ein Stück trocknes und gefirnisstes Holz, an welches der Streifen eines jeden Plattenpaares festgeschraubt ist, so dass man alle Paare auf einmal aus der Flüssigkeit herausheben kann, wenn man den Versuch beendigen will. Die Platten werden so in den Trog eingesetzt, dass die sie vereinigenden Streifen genau in die Mitte der Scheidewände zwischen zwei Fächer, und dass in jedes Fach eine Zink- und eine Kupferplatte zu liegen kommen, welche nur mittelst der darin befindlichen Flüssigkeit in leitender Gemeinschaft stehen. Durch Zusammenstellung mehrerer Tröge kann man Apparate von jeder beliebigen Anzahl Plattenpaaren erhalten.

Spätere Erfahrungen haben gelehrt, dass durch Verdoppelung der Kupferplatten auch die chemische Wirksamkeit des Apparats verdoppelt wird, weil beide Seiten des Zinks dabei wirksam werden. In diesem Falle biegt man die Kupferplatten des einen Paares um die Zinkplatte des nächsten Paares, wie Fig. 15. Taf. I. zeigt, wo die Ansicht von oben dargestellt ist und die punktirten Linien die Streifen andeuten, durch welche die Metalle mit einander verbunden werden. Man sieht leicht ein, dass bei dieser Einrichtung die Zinkplatten auf beiden Seiten wirken müssen, während sie bei der vorigen nur mit einer wirken. Uebrigens nimmt die Wirkung stets mit

der Vergrösserung der Oberfläche des elektronegativen Metalles zu, so dass diese, nach Versuchen von Marianini, um das sechsfache vergrössert werden kann, mit stets bedeutend zunehmender Kraft. Darüber hinaus ist diess in geringerem Verhältnisse der Fall. Ist die eingetauchte Oberfläche des Kupfers 10mal grösser als die des Zinks; so ist die Wirkung dreimal stärker, als bei gleichen Oberflächen. Um sie viermal so stark zu erhalten, muss die eingetauchte Oberfläche 30mal grösser sein, als die des Zinks.

Eine andere Vorrichtung ist folgende: Man lässt sich schmale, parallelepipedische Tröge von Kupferblech machen, welche 10 Zoll hoch, 10 Zoll lang, aber nur ½ Zoll breit sein dürfen, und stellt dieselben auf ein isolirendes hölzernes Gestelle so neben einander, dass sie einander nicht berühren. Man setzt dann Zinkplatten von 9 Zoll Seitenlänge dergestalt in die Tröge ein, dass sie das Kupfer an keiner Stelle berühren, und verbindet dieselben durch ein Queerholz, wie bei dem englischen Apparate AB Fig. 14. Taf. 1. Die Zinkscheiben werden dabei zugleich mittelst eines Kupferstreifens, der vom nächsten Kupfertroge ausgeht, in leitende Verbindung gebracht. Man giesst dann die Flüssigkeit in die Tröge, welche nun als doppelte Kupferplatten wirken. Oersted und Stadion, welche von dieser Einrichtung zuerst Gebrauch machten, rühmen ihre ungewöhnliche Wirksamkeit.

Eine neue Construction der Trog-Apparate ist von dem amerikanischen Naturforscher Hare erfunden. Man legt zwischen ein langes Stück von Zinkblech und ein gleich grosses von Kupferblech eine Scheibe von Pappe oder Leder, rollt das Ganze spiralförmig zusammen, und befestigt, nachdem die Pappscheibe wieder herausgenommen ist, die Metallplatten in ihrer Lage mit kleinen hölzernen Stäben, die man dazwischen schiebt, damit sich die Metalle nicht berühren. Die Verbindung des Zinks des einen Paares mit dem Kupfer des andern, geschieht durch ein Queerholz, auf die bereits angeführte Weise. Diese so aufgerollte Metallscheibe taucht man nachher in cylindrische Gefässe von Glas, wobei man den Vortheil hat, dass in Cylindern von einigen Zollen im Durchmesser ausserordentlich grosse Scheiben Raum haben, dass der grösste Theil der beiden Seiten der Metalle thätig ist, und endlich dass man nur eine sehr kleine Menge Flüssigkeit braucht, wenn man die

Plattenrollen so gross macht, dass sie die Gläser richtig ausfüllen. Hare hat nachher einen andern weniger kostbaren Apparat construirt, der dem eben genannten in der Wirksamkeit gleichen soll. Man schneidet Scheiben von Zinkblech von z. B. 3 bis 4 Zoll Breite; um jede von diesen Scheiben macht man ein Futteral von dünnem Kupferblech, das in dem Abstande von höchstens einer Linie das Zink umgiebt, ohne es zu berühren. Diese werden nun zusammen befestigt, z. B. 50 Stück auf einer Stange von Holz, gegen welche die Zinkscheiben sich so stützen, dass sie nicht ihre Stelle ändern, wodurch es kommen könnte, dass sie das Kupferfutteral berühren. An der hölzernen Stange wird die Zinkscheibe des einen Paares mit dem Kupferfutteral des nächsten Paares verbunden. Diese Futterale werden an einander gesetzt und eine in Leinölfirniss getauchte und halbgetrocknete dünne Pappscheibe wird zwischen jedes Kupferfutteral gefügt, worauf sie zusammengepresst werden, so dass sie alle sich einander stützen, und dass das Wasser nicht zwischen sie eindringen kann. Dieser Apparat wird nun in einen einzigen länglichen Trog ohne Zwischenwände, der verdünnte Salpetersäure enthält, getaucht. Durch vier solcher Apparate, d. h. mit 200 Paaren, erhält man einen Apparat von ausserordentlicher Stärke. Hare nennt diese Apparate Calorimotor oder Deflagrator, weil sie im Verhältniss zu dem Raum, den sie einnehmen, unendlich grössere Hitze bei der Entladung hervorbringen, als Trog-Apparate von gewöhnlicher Einrichtung.

Die Trogapparate haben ihre grossen Vortheile, aber auch eben so grosse Unbequemlichkeiten. Sie erfordern ansehnliche Quantitäten Flüssigkeit, was, bei der Anwendung von Säuren, ziemlich kostbar ist. Eine Batterie von Londoner Trögen, zu ungefähr 50 Plattenpaaren, erfordert 20 bis 30 Quart Flüssigkeit. Durch den grossen und ungleichen Abstand, der zwischen den Platten jedes Paares bleibt, wird die Wirkung dieser Apparate vielfach schwächer, als wenn man dieselben Platten, mit Papierscheiben abwechselnd, welche mit derselben Flüssigkeit getränkt sind, auf die gewöhnliche Weise über einander stellt. Da man überdiess, um die Wirkung zu vermehren, den Trog gewöhnlich mit einer Auflösung von Alaun, mit Schwefelsäure versetzt, anfüllt, so wird, während der Wirksamkeit des Apparats, die Entwickelung des Wasser-

stoffgases so bedeutend und für das Athmen so beschwerlich, dass sie schon bei 50 Plattenpaaren dem Beobachter lästig fällt. Die *Royal Institution* zu London besitzt einen solchen Apparat von 2000 Paaren, die in 200 Trögen vertheilt sind. Dieser Apparat steht aber in einem unteren Gewölbe, und die Elektricität wird durch isolirte Metalldräthe in ein oberes Zimmer geleitet, wo man dann die Entladungs-Versuche ohne Unbequemlichkeit vornehmen kann.

In jedem Falle würde ich, nach meinen Erfahrungen über solche Apparate, denjenigen, die nicht mehr als 50 Plattenpaare besitzen, den Rath geben, sie lieber mit Pappscheiben abwechselnd über einander, als in einem Troge zusammenzustellen, weil die Mühe des Aufstellens durch eine 5- bis 6fach stärkere Wirkung reichlich belohnt wird. Hat man aber vielleicht mehrere hundert Paare, so ist es rathsamer, sich des Troges zu bedienen, weil dann der Apparat durch eine oder zwei Personen behandelt werden kann, was ausserdem nicht möglich ist.

Ausser diesen Methoden zur Erlangung verstärkter Wirkungen der Berührungs-Elektricität, giebt es noch mehrere andere, von welchen ich jedoch nur eine noch erwähnen will, nämlich, dass man auch von einem einzigen Metalle eine elektrische Ladung erhalten kann, wenn man zwei verschiedenartige Flüssigkeiten anwendet, die von solcher Beschaffenheit sind, dass die Berührungs-Elektricität des Metalls von jeder derselben auf entgegengesetzte Weise erregt wird, d. h., dass die eine durch Berührung des Metalls positiv, die andere negativ wird. Wenn z. B. die eine Flüssigkeit eine concentrirte Säure, und die andere ein concentrirtes Alkali ist, und man bringt in folgender Ordnung Kupfer, Säure, Alkali, K. S. A. u. s. w. über einander, so wird das Kupfer in der Berührung mit Säure positiv und mit dem Alkali negativ, und es entsteht daraus eine fortdauernde Entladung, sowohl zwischen dem Metalle und den beiden Flüssigkeiten, als zwischen diesen selbst. Indessen verliert eine solche Vorrichtung durch die Vermischung der Flüssigkeiten sehr bald ihre Wirksamkeit. Von der Richtigkeit der Vertheilung der Elektricität in einer solchen Säule kann man sich übrigens durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen. Man giesse nämlich in ein kleines cylindrisches Glas, ungefähr einen Zoll hoch, eine Lösung

von Kupfervitriol in verdünnter Schwefelsäure, dann auf diese ätzendes Ammoniak, jedoch mit solcher Vorsicht, dass sich diese beiden Flüssigkeiten nicht mit einander vermischen, sondern genau von einander getrennt bleiben. Hierauf stecke man einen Kupferdrath hinein, so dass ein Theil desselben in der Säure, der andere im Alkali steht. Gewöhnlich findet man nach Verlauf von 12 bis 24 Stunden das obere, negative Ende mit Kupferkrystallen überzogen, das untere, positive Ende aber angefressen und zum Theil aufgelöst. Hierbei ist nun das Kupferoxyd des Vitriols durch die elektrische Entladung von unten nach oben geführt, und nachher zum Theil so zerlegt worden, dass am obern, negativen Ende des Drathes das Kupfer angeschossen ist, während der Sauerstoff desselben einen andern Theil Kupfer am untern, positiven Ende wieder oxydirt hat.

Zamboni hat einen eigenthümlich eingerichteten kleinen elektrischen Trog-Apparat angegeben, der aus Wasser und einem einzigen Metalle besteht, und eine sehr merkliche elektrische Wirksamkeit zeigt. Man stellt nämlich z. B. 50 Stück Uhrgläser neben einander, und legt auf den Boden eines jeden Glases eine runde Scheibe von Stanniol, von welcher ein schmales Streifchen Stanniol ausgeht, lang genug, um in das nächste Glas übergebogen werden zu können. Hierauf giesst man destillirtes Wasser in die Gläser, und ordnet diese so, dass die Stanniolstreifen nach einer Richtung hin gekehrt sind und die Gläser unter einander verbinden. Das letzte Glas in diesem kleinen Apparate zeigt, mit Hülfe des Condensators, sehr deutliche Spuren von elektrischer Ladung, und zwar so, dass die breitere Stanniolscheibe dem positiven Metalle, der schmälere Streifen aber dem negativen entspricht. Die Erklärung dieses, beim ersten Anblicke paradox erscheinenden Phänomens möchte wohl die sein, dass das Wasser im Contact mit den Zinnplatten durch Berührungs-Elektricität elektrisch geladen wird, wie in den gewöhnlichen Säulen, aber unendlich schwächer; und dass es dann auf seiner Oberfläche eine entgegengesetzte Elektricität annimmt. Das Verhältniss ist dann gerade so, wie bei einer bloss auf der einen Seite belegten und geladenen Glasplatte, welche, des Mangels der entgegengesetzten Belegung ungeachtet, dennoch Ladung annimmt. Die Stanniolstreifen dienen dabei nicht als Elektrici-

täts-Erreger, sondern bloss als leitende Verbindungen zwischen den nicht belegten Seiten des Wassers, und wirken um so besser, je schmäler sie sind. Zamboni fand, dass, wenn man etwas Kochsalz in dem dazu gebrauchten Wasser auflöst, die entladene Elektricität zwar schneller wieder hergestellt wird, aber schwächer ist, und dass bei Anwendung starker Auflösungen gar keine Elektricität entsteht.

Oersted hat bewiesen, dass mechanische Ungleichheiten bei verschiedenen Stücken des nämlichen Metalls schwache elektrische Wirkungen zwischen diesen Stücken hervorbringen können, als wären sie verschiedene Metalle. Wenn z. B. zwei Zinkscheiben von verschiedener Breite in eine schwach-saure Flüssigkeit hineingetaucht werden, so wirkt, wenn man sie in metallische Berührung bringt, die breitere Scheibe wie Kupfer gegen die weniger breite. Ist aber die Säure stark, oder ihre Wirkung durch Erwärmung verstärkt, so verhält sich die breitere Scheibe umgekehrt wie Zink gegen die schmälere, die dann wie Kupfer wirkt. Wenn von zwei gleichen Scheiben die eine durch vorheriges Eintauchen in eine Säure angefressen und rauh ist, so verhält sich diese wie Zink gegen die andere, deren glatte Oberfläche wie Kupfer wirkt.

Die verschiedenen Dimensionen der elektrischen Säule bringen, unter übrigens gleichen Umständen, auch verschiedene Wirkungen hervor. Diese Dimensionen beziehen sich 1) auf die Grösse der, von den entgegengesetzten elektrischen Metallen berührten Oberfläche der Flüssigkeit, und 2) auf die Anzahl der zusammengestellten Plattenpaare.

In demselben Verhältnisse, in welchem die Oberfläche der Flüssigkeit zunimmt, vermehrt sich auch die elektrochemische Wirksamkeit der Säule, d. h. ihr Vermögen, die Flüssigkeit zu zersetzen, das Feuerphänomen hervorzubringen u. s. w. Dagegen brauchen sich die Metalle, im Verhältnisse gegen die Flüssigkeit, nur auf einer sehr kleinen Oberfläche zu berühren; bei Säulen von kleinen Platten bedarf es daher nur eines Punkts, bei grösseren hingegen einer etwas grösseren Berührungsfläche, damit die zwischen den Metallen entladene Elektricität ungehindert übergeführt werden kann.

Man kann sich die Wirkung dieser Dimensionen leicht durch ein Beispiel versinnlichen. Wenn man zehn völlig

gleiche Säulen hat, und man lässt sie sämmtlich mittelst ihrer verschiedenen Leiter durch eine und dieselbe Portion Wasser sich entladen, so wird die Menge Sauer- und Wasserstoffgas, welche durch Zersetzung des Wassers von allen 10 Säulen entwickelt wird, auch zehnmal so gross, als von einer einzigen derselben sein. Lässt man hierauf die einzelnen Leitungen der gleichnamigen Pole zu einem einzigen verbinden, so wird (wenn man nicht den gemeinschaftlichen Leiter zu schwach macht) dasselbe erfolgen, und es ist klar, dass ein ganz gleicher Erfolg statt haben würde, wenn jede einzelne Platte eine zehnmal grössere Oberfläche hätte, und alle zehn Säulen eine einzige ausmachten. Man hat diess noch vollständiger auf folgende Art bewiesen: wenn z. B. 50 Paar Platten, jede von 16 Quadratzoll Oberfläche, bei ihrer Entladung etwa 2 Zoll eines sehr feinen Stahldrathes verbrennen, so werden von 32zölligen Platten 4 Zoll, von 64zölligen 8 Zoll Drath u. s. w. verbrannt.

Man hat Platten von mancherlei Dimensionen versucht, und immer gefunden, dass mit ihrer Grösse auch die Wirksamkeit zunimmt. Die grösste Batterie in dieser Hinsicht, die man bis jetzt kennt, wurde im Jahre 1812 von dem Engländer Children gebaut, und bestand aus 20 Paar Platten von 6 Fuss Länge und 2 Fuss 8 Zoll Breite. Die Hitze, die sie in ihrem Entladungspunkte gab, war unglaublich gross; ein mehrere Fuss langer Platindrath, womit sie entladen wurde, blieb fortwährend im Glühen.

Die zweite Dimension der Säule bezieht sich auf die Anzahl der Plattenpaare. Wenn man in dem oben gegebenen Beispiele von 10 gleichen Säulen alle 10 durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander verbindet, so dass sie eine einzige, 10mal mehr Platten enthaltende Säule ausmachen; so ist diese Säule von weit stärkerer Kraft, als eine einzige von diesen zehn Säulen. Allein diese Kraft äussert sich nicht etwa vorzüglich stark in den chemischen Wirkungen, sondern vielmehr vornehmlich in denjenigen Erscheinungen, die sich auf die höhere Intensität der vertheilten Elektricität beziehen; so treibt sie z. B. die Kugeln des Elektrometers stärker aus einander, und giebt einen weit heftigeren Schlag, als eine einzige Säule mit 10mal grösseren Platten. Diesem allen liegt die Ursache zum Grunde, dass die Intensität der Ladung auf die oben gezeigte Art und Weise mit der Anzahl der Platten-

paare zunimmt, d. h. dass die Elektricität sich mit grösserer Kraft zu entladen strebt.

Wenn man die elektrischen Schläge dieser Säulen mit einander vergleicht, so findet man zwar, dass der Schlag der zehnfachen Säule stärker, als der einer einzigen Säule ist, weil das Gefühl auch von der Menge der Elektricität afficirt wird; aber ohne Vergleich gewaltsamer ist der Schlag, welchen die einzelnen durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander in Verbindung gesetzten 10 Säulen geben, weil hier vorzüglich die Heftigkeit, womit die Entladung geschieht, auf das Gefühl wirkt. Indessen nimmt mit der Intensität auch die Menge der vertheilten Elektricität um etwas zu, jedoch in sehr geringem Verhältnisse. Gay-Lussac und Thenard haben durch Versuche ausgemittelt, dass die Grösse der elektrochemischen Wirksamkeit einer Säule, welche hauptsächlich von der Menge der Elektricität abhängt, in dem Verhältnisse der Cubikwurzeln von der Anzahl der Plattenpaare zunimmt. So werden, zur Verdoppelung der elektrochemischen Wirkung einer aus 64 Plattenpaaren bestehenden Säule, 512 Paar Platten erfordert, weil 64 der Cubus von 4, und 512 der Cubus von 8 ist, so dass daher die Anzahl der Platten 8mal grösser sein muss, wenn die elektrochemische Wirkung verdoppelt werden soll.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, 1) von der Veränderung, welche die Flüssigkeit in der Säule erleidet, und 2) von den physikalischen und chemischen Erscheinungen zu sprechen, welche bei Entladung der Säule hervorgebracht werden.

1) Die Veränderung der Flüssigkeit ist von höchst merkwürdiger Art. Schon oben ist erwähnt worden, dass während der elektrischen Entladung gewisse Bestandtheile zum positiven Metalle, andere zum negativen geleitet werden, und dass diess nach einer gewissen Ordnung erfolgt, so dass bei einfachen Körpern der Sauerstoff, bei zusammengesetzten aber die Säuren auf die positive Seite treten; auf der negativen Seite aber die einfachen brennbaren Körper, und von den zusammengesetzten alle diejenigen Oxyde sich ansammeln, welche mit Säuren Salze bilden können, und deren Radikale zum Sauerstoff eine grössere Verwandtschaft, als der Wasserstoff, haben, wie z. B. Alkalien, Erdarten, die Oxyde des Zinks, Mangans, Ceriums u. m. a. Metalle. Bei einer Säule z. B., welche von Zink- und Kupferplatten, mit Pappscheiben,

die mit einer Auflösung von salpetersaurem Natron angefeuchtet sind, aufgebaut wird, sammelt sich auf der Kupferseite der Wasserstoff des Wassers, welcher in Gasgestalt entweicht, und das Natron des Salzes, welches in der Flüssigkeit zurückbleibt; auf der Zinkseite hingegen häuft sich der Sauerstoff des Wassers und die Säure des Salzes an; der Sauerstoff entweicht aber nicht als Gas, sondern verbindet sich mit Zink und Salpetersäure zu salpetersaurem Zinkoxyd. Sobald alles Alkali sich am Kupfer und alle Säure am Zink gesammelt hat, hört die Wirksamkeit der Säule auf; gewöhnlich nimmt die Wirksamkeit schon dann ein Ende, wenn das Zink sich mit einer dicken Oxydhaut überzogen hat, welche die Leitung unterbricht. In Trog-Apparaten, wo die Beweglichkeit der Flüssigkeit es verhindert, dass die bei der Entladung entwickelten Bestandtheile ruhig auf ihrer gehörigen Stelle bleiben, würde daher die Elektricität immer fortdauern, wenn nicht die Oxydation des Zinks, wodurch dieses Metall zuletzt einen Ueberzug bekommt, die Leitung unterbräche.

Ich habe bereits angeführt, dass die elektrischen Erscheinungen der Säule desto intensiver sind, je leichter sich die Flüssigkeit zersetzt, d. h. je weniger Kraft dazu erfordert wird, ihre Bestandtheile von einander zu trennen, und einen jeden nach seiner elektrischen Seite hin zu führen. Darum folgt, dass, wenn wir in dem angeführten Beispiele unsere Säule so aufbauen, dass wir statt des salzsauren Natrons eine Auflösung seiner Bestandtheile, nämlich: flüssige Salpetersäure und ätzendes Natron, anwenden, und diese Bestandtheile in einer solchen Ordnung mit den Metallen in Verbindung bringen, welche derjenigen Ordnung, worin sie sich beim Aufhören der Wirkung der Säule befinden, entgegengesetzt ist, d. h. wenn wir die Säule so aufbauen, dass Kupfer, Zink, Pappe mit ätzendem Natron, Pappe mit Säure, Kupfer, Zink u. s. f. auf einander folgen; — dass in diesem Falle die Säure weit leichter an die Zinkseite, das Alkali aber eben so leicht an das Kupfer treten kann, als wenn die Säure und das Alkali mit einander verbunden sind (und erst von einander geschieden werden müssen). Daher bringt auch eine Säule, auf diese Weise aufgebaut, eine ganz ungewöhnliche und weit grössere elektrische Wirkung hervor, als wenn sie mit einer Lösung von salpetersaurem Natron aufgestellt wird. Ihre Wirkung

nimmt indessen in dem Maasse ab, als Säure und Natron sich mehr und mehr verbinden, und wird, wenn beide sich völlig neutralisirt haben, bedeutend schwächer, dauert aber doch noch so lange fort, bis der grösste Theil der Bestandtheile der Flüssigkeit sich auf entgegengesetzten Wegen ausgeschieden hat, d. h. bis das Alkali an das Kupfer und die Säure an das Zink getreten ist. Noch belehrender lässt sich ein Versuch dieser Art mit der Röhrenbatterie Taf. I. Fig. 16. anstellen, wenn man das Alkali in den untern Theil der Röhre füllt, und dann die Säure behutsam darauf giesst, so dass sich beide nicht vermischen. Noch sichtbarer ist der Erfolg, wenn man beide Flüssigkeiten vorher mit etwas Rothkohltinktur färbt, wovon die Säure roth und das Alkali grün wird; so wie sich nämlich beide Flüssigkeiten alsdann durchdringen, so kommt auch auf den Stellen, wo sie einander neutralisiren, die blaue Farbe des Rothkohls wieder zum Vorschein.

Diese Art Säulen haben sonach zwei verschiedene Wirkungszeiten: 1) eine kräftigere, die bis zur Verbindung des Alkali's mit der Säure geht, in welcher die elektrische Entladung durch die gegenseitige Anziehung der Säure und des Alkali's unterstützt wird, und 2) eine schwächere, in welcher diese Anziehung der elektrischen Entladung entgegenwirkt, weil letztere erst die von der Säure und dem Alkali eingegangene Verbindung wieder zerstören muss, um beide Bestandtheile nach entgegengesetzter Richtung abzuleiten. Offenbar tritt bei unseren gewöhnlichen, mit Salzauflösungen aufgebauten Säulen nur diese letztere Periode ein, und das Schema für die wirksamste Säule bleibt daher: Kupfer, Zink, Alkali, Säure, K. Z. A. S. u. s. f.; und eine solche Säule fährt so lange zu wirken fort, bis folgende Ordnung: Kupfer, Zink, Säure, Alkali, eingetreten ist.

Baut man eine Säule gleich anfänglich in dieser letztern Ordnung auf, so ist sie zwar nicht schlechterdings unwirksam; allein ihre Wirkung ist doch höchst schwach und nicht anders, als wenn man blosses Wasser zum Anfeuchten der Papierscheiben anwendete. Dieses wird nämlich in seine Bestandtheile zerlegt, der Wasserstoff tritt an das Kupfer, der Sauerstoff aber verbindet sich mit dem Zink, und die Entladung hat auch ihren Fortgang, die Anwesenheit des Alkali's und der

Säure trägt aber nichts weiter dazu bei, als dass das Wasser dadurch etwas mehr leitend wird.

Die bisher beschriebenen elektrisch-chemischen Erscheinungen finden bloss bei fortdauernder Entladung der Säule statt. Unterbricht man diese, oder häufen sich die Elektricitäten unentladen in den Polen an, so geht weiter keine Veränderung in der Flüssigkeit vor. Könnte man die Pole in absoluter Isolirung erhalten, so würde auch die Flüssigkeit durchaus unverändert bleiben. Allein, da in jedem Augenblicke ein Theil der angehäuften Elektricitäten von der umgebenden Luft entladen wird, so bewirkt diess auch in der Flüssigkeit noch eine kleine Veränderung, und man findet das Zink selbst dann etwas angegriffen, wenn die Säule unentladen stehen bleibt. Es ist daher nicht die Entwickelung der Elektricität in der Säule, welche die elektrochemischen Erscheinungen hervorbringt, sondern diese entstehen bei der Entladung der Elektricität durch die leitende Flüssigkeit.

2) Die physikalisch-chemischen Phänomene, welche aus dieser Entladung hervorgehen, verdienen nicht weniger Aufmerksamkeit, als die vorhergehenden. Wenn man an dem einen Pole der Säule ein Kork-Elektrometer aufhängt, und den andern Pol isolirt, so stossen sich die Korkkugeln ab. Die Grösse dieser Wirkung hängt von der Anzahl der Plattenpaare, nicht von ihrer Grösse ab; auch kann man auf diese Weise verschiedene der gewöhnlichen Erscheinungen von elektrischer Attraction und Repulsion hervorbringen, wiewohl nur schwach.

Verbindet man beide Pole durch einen Metalldrath, so entsteht, bei einer gewissen Ladungs-Intensität, im Augenblicke der Entladung ein Funke. Man enthält ihn besser mit spitzen, als mit runden Ausladern, und seine Grösse steht im Verhältnisse mit der Grösse der Platten, d. h. er ist von einer geringen Anzahl grosser Plattenpaare sichtbarer, als bei Anwendung kleiner Platten. Dieser Funke wird auch erhalten, wenn man die Metalldräthe von beiden Polen in Wasser leitet und sie hier sich berühren lässt. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass in diesem Falle die Intensität der Elektricität so unendlich gering ist, dass das Wasser, ungeachtet es für stärkere Elektricität ein Leiter ist, dennoch in einem gewissen Grade Nichtleiter für dieselbe wird. Selbst

in

in der Lichtflamme sieht man diesen Funken noch, und sein intensiver Glanz wird beim Durchfahren durch die Flamme nicht vermindert. Bedient man sich zum Auslader eines feinen Eisendraths, z. B. einer Klaviersaite von No. 10., so brennt die Spitze des Draths sogleich ab, unter Funkensprühen. Die lebhaftesten und hellsten Funken erhält man, wenn man die Säule durch unechtes Blattgold und Quecksilber, wovon jedes mit einem Pole in Verbindung gebracht wird, entladet.

Die Entladung der Säule bringt übrigens dasselbe Phänomen von Feuer und Wärme hervor, wie die gewöhnliche Elektricität. Der Funke entzündet ein Gemenge von Sauerstoff- und Wasserstoffgas; und eine Säule aus Platten entzündet und bringt die Körper, durch welche sie entladen wird, zum Glühen, wenn deren Capacität zu klein ist, um die Elektricität so schnell zu entladen, wie sie erzeugt wird. Man kann auf diese Weise mittelst einer starken Säule, welche durch zwei Platindräthe entladen wird, diese im Berührungspunkte zusammenlöthen, im Augenblick der Entladung mehrere Ellen Stahldrath verbrennen, Kohle glühen u. s. w. Mit der grossen Säule des Königl. Instituts zu London kann man im Entladungspunkte zwei Stücke Kohle stärker, als durch irgend eine andere Art Verbrennung zum Glühen bringen, und das sogar in solchen Luftarten, in welchen keine Verbrennung statt findet. Wir sehen hieraus auf das Augenscheinlichste, dass die Elektricitäten, sobald sie aufhören, sich als vertheilte EE zu zeigen, sich als strahlendes Licht und Wärme offenbaren, oder doch diese hervorbringen. Mit Children's grosser Plattenbatterie hat man Metalle geschmolzen, die im Feuer unschmelzbar sind, z. B. Iridium.

Hare und Silliman haben mit dem oben erwähnten Deflagrator so hohe Temperaturen hervorgebracht, dass, als die Ausladung zwischen Kohlenspitzen geschah, die Kohle zu kleinen, glänzenden Kugeln zu schmelzen schien, wobei zugleich der sonderbare Umstand eintraf, dass auf der Kohle, die in Verbindung mit dem positiven Pol des Deflagrators war, sich kleine Theile von derselben absonderten, welche sich auf der negativen Spitze sammelten und sie verlängerten*).

*) Der Deflagrator oder Calorimotor soll nach Hare's und Silliman's Versuchen noch die bemerkenswerthe Eigenschaft zeigen,

Das Licht dabei war so stark, dass es die Augen nicht ertragen konnten, und es glich dem Sonnenlichte an Farbenlosigkeit und leuchtender Kraft.

Wenn man grosse Plattensäulen durch kleine Mengen von Flüssigkeit entladet, so werden diese erwärmt und gerathen zuletzt in's Sieden; wenn man z. B. eine Salzauflösung in ein kleines konisches Metallgefäss füllt, welches mit dem einen Pole in Verbindung steht, und dann ein dickes Metallstück, z. B. eine Kugel, welche den Umkreis des Gefässes nicht ganz ausfüllt, in die Auflösung bringt, so wird diese innerhalb weniger Minuten kochend heiss. Zu einem guten Gelingen dieses Versuches wird jedoch erfordert, dass die Säule sehr kräftig sei und die entladenden Metalle so viel Oberfläche, als möglich, haben, weil sonst die Elektricitäten nicht in hinreichender Menge in das Wasser eindringen und dieses nicht in's Kochen bringen können. Ist die Masse der Flüssigkeit gross, die Säule aber schwach, so wird jene von der Luft eben so schnell wieder abgekühlt, als sie erwärmt wird, und ihre Erwärmung ist daher unmerklich. Allein auch mit kleineren Säulen kann, nach De la Rive's Versuchen, in Flüssigkeiten Wärme erregt werden, wenn man die Flüssigkeit von einem baumwollnen Docht aufsaugen lässt, oder wenn man ein Stück Stengel von einer saftigen Pflanze nimmt, und die Poldräthe hineinführt. Die Flüssigkeit fängt dann bald zu kochen an, da, wo sie die Dräthe berührt. De la Rive leitet die stärkere Wärme-Entwickelung davon ab, dass der Durchgang der Elektricität, zufolge der Gegenwart des orga-

---

dass, wenn man ihn mit den ungleichnamigen Polen mit einem gewöhnlichen Trog-Apparate mit gleich grossen Platten, und mit derselben Flüssigkeit befeuchtet, zusammenstellt, er nicht die Wirksamkeit des Trog-Apparates vermehrt, welche allein hindurch geht wie durch jeden andern leitenden Körper; die Wirksamkeit des Deflagrators wird durch den Trog-Apparat gänzlich unterbrochen. Hare erklärt diess dadurch, dass er annimmt, dass in ungleichen Apparaten die Verbindungen von Elektricität und Wärme in einem un leichen Verhältniss entwickelt werden. Der gewöhnliche Apparat sollte nach Hare mehr von der erstern entwickeln, und der Deflagrator mehr von der letztern, deshalb gehe wohl die Wirksamkeit des Trog-Apparates durch den Deflagrator, aber nicht die des Deflagrators durch den Trog-Apparat.

nischen Körpers, in dessen Poren die Flüssigkeit aufgenommen ist, erschwert sei.

Wenn man von jedem Pole einer Säule einen isolirten Metalldrath zu den beiden Belegungen einer elektrischen Ladungsflasche führt, so wird diese augenblicklich mit der ganzen Intensität der Säule geladen, die Flasche mag übrigens klein sein, oder einer ganzen Batterie angehören. Van Marum fand, dass eine Säule von ganz kleinen Platten die grosse Batterie, welche zu der colossalen Elektrisirmaschine des Teyler'schen Museums gehört, augenblicklich bis zu dem eigenthümlichen Grade der Säule selbst lud, wozu sonst mehrere Umdrehungen jener kräftigen Maschine erfordert wurden. Hieraus sieht man, dass der Unterschied zwischen den Wirkungen der Reibungs- und Berührungs-Elektricität darin besteht, dass bei ersterer eine geringe Menge Elektricität von grosser Intensität, bei der letztern aber eine unendlich grosse Menge Elektricität von geringer Intensität wirksam ist.

Wenn es richtig ist, die Flüssigkeit bei der elektrischen Säule, wie das belegte Glas des Ladungsflasche, als geladenen Körper zu betrachten, so, kann man annehmen, dieser Unterschied der Elektricität rühre davon her, dass die Flüssigkeit eine unendlich grössere Capacität für vertheilte Elektricität, als das Glas, besitze, und dass deshalb zur Ladung der Flüssigkeit bis zu einer geringen Intensität eine unendlich grössere Menge Elektricität erforderlich sei, als das Glas, vermöge seiner geringeren Capacität, zur Ladung erfordert. Dass aber die Intensität der Ladung nicht sehr gross werden kann, liegt darin, dass die Erregungs-Ursachen der Elektricität so geringe Intensität haben, die Ladung der Säule aber niemals intensiver werden kann, als die Ursache derselben ist.

Will man von der elektrischen Säule einen Schlag erhalten, so muss man die blossen Hände mit Wasser, am besten mit Salzwasser, anfeuchten, um die Oberhaut leitend zu machen, weil diese sonst so wenig leitet, dass sie sogar die Entladung der Säule verhindert. Man pflegt auch einen silbernen Löffel, oder einen Schlüssel, überhaupt ein grosses Metallstück in die feuchte Hand zu nehmen, weil die Stärke des Schlags zum Theil von der Grösse der Handfläche abhängt, welche mit dem Auslader in Berührung kommt. Am heftigsten fühlt man die Schläge, wenn man die Hände in zwei Schalen mit Salzwasser

eintaucht und jede dieser Schalen mit ihrem Pole in Verbindung bringt. Die Schläge sind nur im ersten Augenblick der Entladung fühlbar, und die Zuckungen hören bei fortdauernder Gemeinschaft mit den Polen auf; hat man aber Hautbeschädigungen, Neidnägel, überhaupt Stellen, wo die Nerven weniger von der Oberhaut bedeckt sind, so giebt ein fortwährendes Brennen auf diesen Stellen die Fortdauer der Entladung zu erkennen. Auch durch den Geschmack lässt sich diess erkennen, wenn man nämlich die Säule durch Hand und Zunge entladet, indem nach den ersten Zuckungen die Zunge durch ein geschmackähnliches Gefühl afficirt wird, und zwar selbst dann, wenn der Körper, den man zur Zunge führt, nur reines Wasser ist.

Diese Umstände beweisen, dass die Funken und Schläge bei der Entladung der elektrischen Säule daher rühren, dass, wenn die Pole der Säule isolirt sind, die Flüssigkeit zu einer höhern Intensität geladen wird, als die Berührung bei beständig fortwährender Entladung hervorzubringen vermag. Diess ersieht man auch daraus, dass man bei abnehmender Wirkung der Säule keinen Funken von einiger Stärke mehr von ihr erhält, wenn man sie nicht nach jeder Entladung eine Weile mit Isolirung der Pole ruhen lässt, wodurch die Ladung allmählig zu einer höheren Intensität gebracht wird.

Die chemischen Wirkungen der Entladung gleichen, mit geringem Unterschiede, denjenigen, welche zwischen jedem Plattenpaare vorgehen. Wenn man (Fig. 17. Taf. I.) eine Glasröhre an beiden Enden mit einem Korke verschliesst, und durch jeden Kork einen Metalldrath so tief in die Röhre hineinführt, dass die inneren Enden der Dräthe etwa $\frac{1}{8}$ Zoll von einander abstehen, dann die Röhre mit einer Flüssigkeit füllt, den oberen Kork mit einem Ableitungsrohre für die gasförmigen Stoffe versieht, und endlich jeden dieser Dräthe mit einem Pole der Säule in Verbindung bringt; so wird die Flüssigkeit in der Röhre auf dieselbe Weise zersetzt, als diess geschehen sein würde, wenn die Flüssigkeit zwischen den entgegengesetzten Metallen der Säule selbst eingeschlossen gewesen wäre, und man kann diesen Entladungs-Apparat wie ein neues Plattenpaar der Säule ansehen, durch welchen die Pole mit einander in Verbindung gebracht werden. Dabei kommt nicht einmal etwas auf die Beschaffenheit der Metall-

dräthe an, sie können aus einerlei, oder aus verschiedenen Metallen bestehen, und selbst in verkehrter Ordnung, d. h. gegen die Ordnung der in der Säule befindlichen Metalle, gegen einander gestellt werden; diess alles hat keinen Einfluss, weil die intensive Ladung der Säule diese kleinen Hindernisse überwindet. Es zeigt sich dabei dieselbe Zerlegung der Flüssigkeit, die wir oben erwähnten, nur auf eine mehr in die Augen fallende Weise. Ist nämlich die Flüssigkeit blosses Wasser, so entsteht am — Drathe ein Strom von Wasserstoffgas, am + Drathe aber, wenn er aus Gold oder Platin besteht, ein Strom von Sauerstoffgas; beide Gasarten können in einem kleinen Apparate (Fig. 18. Taf. I.) unter kleinen Glasglocken, eine jede unvermischt mit dem vorher mit ihr verbunden gewesenen Bestandtheile, aufgefangen werden. Besteht der + Drath nicht aus Gold oder Platin, sondern aus einem leicht oxydirbaren Metalle, z. B. Kupfer, so senken sich von seiner Oberfläche immer mehr zunehmende Wölkchen von Kupferoxyd nieder, welches dadurch entsteht, dass der Sauerstoff, statt Gasgestalt anzunehmen, sich mit dem Kupfer verbindet. Ist hingegen die Flüssigkeit Schwefelsäure, so wird am — Drathe Schwefel abgesetzt, und am + Drathe Sauerstoffgas entwikkelt. War die Flüssigkeit ein Salz, so sammelt sich am — Drathe, ausser dem Wasserstoffgase, welches entweicht, auch das Alkali oder die Erdart, mit einem Worte, die Basis des Salzes, während um den + Drath herum das Sauerstoffgas entweicht und die Säure des Salzes sich ansammelt; dabei bleiben beide an ihrem Drathe in freiem Zustande. Wenn der positive Drath nicht aus Gold oder Platin besteht, so wird er durch den ausgeschiedenen Sauerstoff des Wassers oxydirt, und dieses Oxyd bildet mit der Säure des Salzes ein Metallsalz. Enthält die Flüssigkeit selbst ein Salz eines Metalles, welches bedeutend geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als der Wasserstoff des Wassers besitzt, so wird das Wasser gar nicht, sondern nur das Metall zerlegt, und zwar auf die Weise, dass der Sauerstoff des Metalloxyds nebst der Säure an den + Drath geht, das Metall aber nach dem — Drath, wo es metallisch ausgeschieden wird, und zwar oft krystallisirt.

Aus allem diesen ersieht man daher, dass bei den Entladungen durch eine Flüssigkeit Sauerstoff und Säuren vom

negativen Pole abgestossen und vom positiven angezogen werden. Hierbei werden die Verwandtschaften der Körper überwunden, die stärksten chemischen Banden gelöst und die Körper in ungebundenen Zustand versetzt. Nicht alle Körper werden mit gleicher Leichtigkeit zerlegt, und im Allgemeinen um so weniger leicht, je mehr sie mit Wasser verdünnt sind. Körper, welche durch kleine Säulen in der Regel keine Zersetzung erleiden, z. B. Kali und Phosphorsäure, werden durch grosse Plattensäulen leicht zerlegt, wenn man sie mit dem geringsten Wassergehalte anwendet, so dass es vielleicht keine chemische Verwandtschaft giebt, die nicht in dem Wirkungskreise einer hinreichend kräftigen elektrischen Säule aufgehoben und überwunden werden könnte. Auf einer andern Seite können diese Wirkungen so weit gehen, dass ein fester Körper, z. B. ein Metall, wenn es durch Berührung mit einem andern elektrisch geworden ist und von einer chemisch darauf wirkenden Flüssigkeit umgeben wird, ganz andere Verwandtschaften äussert, als wenn es für sich allein eingetaucht wird. Das negative elektrische Metall verhält sich in jenem Falle wie ein Metall, dessen Verwandtschaften viel schwächer oder ganz aufgehoben sind; während dagegen das positive viel stärkere Verwandtschaften, als in seinem gewöhnlichen Zustande, zu haben scheint. Befestigt man z. B. auf ein frisch abgefeiltes Stück Zink ein blankes Stück Kupfer und senkt beide in eine Kochsalzlösung, so oxydirt sich das Zink so rasch, als wenn es weit stärkere Verwandtschaft als gewöhnliches Zink besässe, das Kupfer dagegen bleibt unverändert, da es doch für sich sehr schnell in Salzwasser angegriffen wird. Dieser Umstand ist es, von welchem Davy eine so schöne Anwendung zur Bewahrung der Kupferbekleidung der Schiffe gemacht hat.

Da diese Erscheinungen schwerlich statt haben könnten, wenn nicht die chemischen Verwandtschaften, im Ganzen genommen, als Wirkungen elektrischer Kräfte zu betrachten wären, so liegt in der vollkommenen Entwickelung dieses Gegenstandes der Schlüssel zur Theorie der Chemie.

Der Umstand, dass die Bestandtheile des Wassers nach der Zerlegung sich von einander trennen und jeder von ihnen um den entsprechenden Drath sich sammelt, und zwar selbst dann, wenn die Dräthe weit von einander abstehen,

oder gar z. B. durch einen vegetabilischen oder animalischen Stoff von einander getrennt sind, war anfangs schwer zu erklären, zumal da keiner dieser gasartigen Bestandtheile in einer bemerkbaren Menge in Wasser löslich ist. Wenn man z. B. eine Glasröhre AD (Fig. 19. Taf. I.) an dem einen Ende mit einer feuchten Blase zubindet, sie zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser anfüllt, dann in ein anderes Gefäss mit Wasser eintaucht, in dieses letztere einen Drath C hineinbringt, und in das Wasser der Glasröhre ebenfalls einen Drath steckt, so wird der positive Drath Sauerstoff, der negative aber Wasserstoff entwickeln, ungeachtet beide Wasserportionen durch die Blase von einander getrennt sind; diese Trennung ist indessen bloss scheinbar, weil das Wasser die Blase erweicht, ihre Zwischenräume ausfüllt, und daher in beiden Gefässen ein zusammenhängendes Ganze ausmacht.

Die Wanderung der Bestandtheile nach ihren verschiedenen Polen ist nicht mehr schwer zu begreifen, seitdem man darüber im Klaren ist, dass dazu ein ununterbrochener Zusammenhang der Flüssigkeit unumgänglich erfordert wird. Es sei AB (Fig. 20. Taf. I.) der + Drath einer Säule, und BC der — Drath; der Zwischenraum zwischen beiden sei mit Wasser angefüllt, welches wir uns aus Sauerstoff- und Wasserstoff-Atomen zusammengesetzt denken, und die wir mit Kugeln bezeichnen wollen; die obere Reihe der Kugeln gehöre dem Wasserstoff, die untere dem Sauerstoff an. Wenn die Säule noch nicht wirksam ist, stehen die Kugeln wie in Fig. 20.; fängt sie aber an zu wirken, und der + Drath stösst den Wassertoff ab und zieht den Sauerstoff an, so wie der — Drath diesen abstösst und den Wassertoff an sich zieht; so muss dann die Reihe der Wasserstoffkügelchen sich nach dem — Drathe, die Reihe der Sauerstoffkügelchen aber nach dem + Drathe hin bewegen, und die blosse Ansicht der Figur 21. ist hinreichend, zu zeigen, dass kein Wasserstoff oder Sauerstoff eher, als an dem entsprechenden Drathe frei werden kann, und dass das zwischen beiden Dräthen befindliche Wasser stets unzerlegtes Wasser bleiben muss. Es liegt am Tage, dass die Erklärung dieselbe bleiben muss, wenn man die obere Reihe der Kugeln Metall, Alkali oder Erde, und die untere Reihe Sauerstoff oder Säure nennen will.

Die Gestalt, welche dabei die frei werdenden Körper annehmen, hängt nicht von der Elektricität ab, sondern wird durch ihre chemische Natur bestimmt; gasförmige entweichen als Gas; unlösliche werden gefällt, und lösliche bleiben in der Flüssigkeit um den entladenden Leiter herum zurück.

Ein Umstand von Wichtigkeit, den ich noch nicht berührt habe, ist der, dass die Metalle, die zur Entladung einer elektrischen Säule gedient haben, und während der Entladung auf einer oder auf beiden Seiten von einer, die EE ebenfalls ausladenden Flüssigkeit umgeben waren, noch eine Zeit lang nachher, selbst ausser dem Kreise der Säule, einen gewissen Zustand von Polarität behalten, der zwar nicht auf das Elektrometer zu wirken vermag, sich aber durch chemische Wirkungen und Erscheinungen von Berührungs-Elektricität zu erkennen giebt. Schon längst hatte man manche davon abhängende Wirkungen beobachtet, allein erst durch De la Rive die wahre Bedeutung dieser Erscheinung kennen gelernt. Dieser Zustand entsteht nicht augenblicklich, und erfordert einige Zeit, um zu seinem Maximum zu gelangen. Er verschwindet allmählig von selbst wieder, kann aber nicht durch Berührung mit andern leitenden Körpern zerstört werden. Er dauert um so länger, je länger die Ausladung dauerte, und bleibt von einigen Stunden bis zu mehreren Tagen. Man nehme z. B. zwei Röhren wie Fig. 17. Taf. I., verbinde sie durch einen einzigen Metalldrath, der also in der einen Röhre positiver, und in der andern negativer Leiter ist, und lasse nun einige Stunden lang eine kräftige elektrische Säule sich durch diese Röhre entladen, so wird jener Metalldrath nachher polarisch, und seine beiden Enden bringen nicht nur verschiedene Erscheinungen von Berührungs-Elektricität hervor, sondern äussern auch, so lange dieser Zustand dauert, verschiedene chemische Verwandtschaften. Zerschneidet man den Drath in zwei Stücke, so findet man auch diese polarisch, aber viel schwächer als der ganze Drath. Das Herausnehmen des Drathes aus der Flüssigkeit und Abwischen desselben äussert keinen Einfluss auf seine Eigenschaften, eben so wenig wenn man ihn umbiegt und seine beiden Polenden mit einander in Berührung bringt. Aber wenn man zwischen diese eine dünne Schicht einer leitenden Flüssigkeit bringt, so wirken sie wie ein einziges

elektrisches Paar, und der polarische Zustand wird schnell zerstört. Auch solche Dräthe werden polarisch, die mit einem Ende an dem Pole der Säule befestigt sind und mit dem andern in die leitende Flüssigkeit tauchen. Ritter construirte eine Säule aus Platten von einem einzigen Metalle und mit einer Flüssigkeit; sie war nicht elektrisch; nachdem er aber durch diese Säule eine andere elektrische Säule einige Stunden lang sich hatte entladen lassen, zeigte sich die erstere Vorrichtung, nach der Trennung von der Säule, in eine selbstthätige Säule umgewandelt, welche Ritter eine Ladungssäule nannte. Die Ursache dieser fortdauernden Wirkung blieb räthselhaft, so lange man von dem in Rede stehenden polaren Zustande noch keine Kenntniss hatte. Marianini zeigte, dass die in der Ladungssäule angewandte Flüssigkeit mit einer anderen, frischen vertauscht werden, und dass man die Metallscheiben reinigen kann, ohne dass die wieder aufgebaute Säule dadurch ihren elektrischen Zustand verliert. Diese Erscheinung von entstehender und fortdauernder elektrischer Polarität in einem guten elektrischen Leiter ist sehr auffallend, scheint aber mit dem über das Verhältniss der Elektricität zur Verwandtschaft Gesagten im engsten Zusammenhange zu stehen.

Ein solcher polarer Zustand entsteht wohl ohne Zweifel auch in flüssigen Leitern; aber zufolge der leichten Beweglichkeit der Atome wird er darin wieder so leicht zerstört, dass er nicht bemerkbar ist, wenn nicht zugleich eine bleibende chemische Trennung der aufgelösten Stoffe statt gefunden hat, wo er dann sehr merkbar wird.

An die schon beschriebenen Erscheinungen reihen sich noch einige andere an, die ich hier anführen werde, und deren Ursache uns nicht so klar vorliegt, als wohl zu wünschen wäre, die aber offenbar mit der elektrisch-chemischen Natur der wirkenden Körper im Zusammenhange stehen.

Auf den Boden einer Schale giesse man reines, destillirtes Quecksilber, und darüber eine Flüssigkeit, in welche die Entladungsdräthe einer mässig starken elektrischen Säule eingeführt werden, ohne aber das Quecksilber zu berühren. Dieses geräth hierbei in eine rotirende Bewegung, deren Schnelligkeit und Richtung von der Natur der Flüssigkeit, und zum Theil von der Wirksamkeit der Säule abhängt. Besteht die Flüssigkeit aus einer der stärkeren Säuren und ist sie zugleich

concentrirt, so bewegt sich das Quecksilber mit äusserster Schnelligkeit, und seine Richtung geht unter und zwischen den Dräthen vom negativen Pole zum positiven. Ist dagegen die Flüssigkeit ein Alkali, so bleibt das Quecksilber in Ruhe; fügt man aber alsdann ein elektropositives Metall, z. B. Kalium oder Zink, zum Quecksilber, so fängt es an, sich von der positiven nach der negativen Seite hin zu bewegen. Ein Milliontheil vom Gewichte des Quecksilbers Kalium oder $\frac{1}{100000}$ Zink ist hinreichend, eine bemerkbare Wirkung hervorzubringen. Auch Zinn und Blei sind nicht ohne Wirkung. Hieraus geht auch hervor, dass, bei Anwendung von Säure, die geringste Einmischung eines dieser Metalle im Quecksilber seine Bewegung verhindert.

Diese Erscheinungen wurden zuerst von Erman beobachtet und nachher von Herschel d. J. näher untersucht. Pfaff entdeckte noch andere, auf gleichen Gründen beruhende Bewegungen, deren Beschreibung ich hier übergehe, da sie zu sehr in's Einzelne führen würden. Er zeigte, dass dabei Quecksilber unentbehrlich ist, und dass weder Silber noch Gold, auf gleiche Weise angewendet, ähnliche Bewegungen hervorbringen.

Wenn man, nach Beobachtungen von Runge, auf Quecksilber eine Kochsalz-Lösung giesst, und auf ersteres ein Stückchen von einem Salzkrystalle eines leicht reducirbaren Metalles, z. B. von Kupfervitriol, fallen lässt, indem man zu gleicher Zeit das Quecksilber mit einem positiven Metalle, z. B. Eisen oder Zink, berührt, so geräth das Krystallstückchen in eine lebhafte Bewegung, ähnlich einem schnell hin- und herlaufenden Insekte, was so lange anhält, als die Berührung mit dem positiven Metalle fortdauert, und bis der Kupfervitriol ganz aufgelöst und verschwunden ist. Am schönsten werden diese Bewegungen, wenn man Quecksilber nimmt, welches ein wenig Zink aufgelöst enthält, darüber eine gesättigte Auflösung von Quecksilberchlorid in Wasser giesst, und auf das Quecksilber einen Splitter festes Chlorid fallen lässt. Dieses geräth dadurch in eine äusserst lebhafte Bewegung, die erst mit seiner Zersetzung und völligen Verschwinden aufhört. Nicht mit allen Salzlösungen entstehen diese Bewegungen auf dem Quecksilber, sie entstehen aber immer, wenn man den negativen Pol einer elektrischen Säule mit dem Queck-

silber, und den positiven Pol mit der Salzlösung durch Metalldräthe in Verbindung setzt. Der Salzkrystall setzt unaufhörlich von seinem Metalle an das Quecksilber ab und scheint davon zurückgestossen zu werden, wodurch die Bewegung bedingt wird. Legt man ein kleines Stückchen Kalium auf die Oberfläche von angehauchtem, feuchtem Quecksilber, so entstehen, aus gleicher Ursache, ähnliche Bewegungen.

Runge hat ausserdem noch folgende, durch Elektricität hervorgebrachte Bewegungs-Phänomene entdeckt: Tropft man auf Quecksilber gewöhnliches ausgefälltes Scheidewasser, das mit seinem gleichen Volumen Wassers verdünnt ist, so breitet sich der Tropfen über die Quecksilber-Oberfläche aus; berührt man aber mit einem Eisendrathe gleichzeitig das Quecksilber und die Säure, so springt die letztere augenblicklich um den Eisendrath zusammen und das Quecksilber geräth in eine zitternde Bewegung. Aendert man den Versuch dahin ab, dass man in eine zwei Linien weite, in Gestalt eines U gebogene Glasröhre Quecksilber bis fast zur halben Höhe der Schenkel schüttet, und darüber in den einen Schenkel Salpetersäure von der genannten Verdünnung giesst, in den andern Schenkel aber in das Quecksilber einen Eisendrath stellt, während ein zweiter in den ersten Schenkel in die Säure, in einigem Abstande von der Quecksilberfläche, gesenkt wird, so springt, wenn man die beiden Dräthe ausserhalb der Röhre in Berührung bringt, das Quecksilber unter der Säure $\frac{1}{2}$ Linie weit herunter, erhöht sich also um eben so viel im anderen Schenkel; sobald die Dräthe getrennt werden, fällt es zurück. Befinden sich auf der Quecksilberoberfläche einige Blasen, so gerathen diese beim jedesmaligen Schliessen der Kette in eine Bewegung, die auch eine horizontale Richtung in der Bewegung des Metalles anzeigt, und die dunkle Lösung von salpetrigsaurem Eisenoxydul, die allmählig auf das Quecksilber niedersinkt, wird beim jedesmaligen Schliessen mit Heftigkeit davon in die Höhe geworfen; sobald Gasentwickelung am Eisen entsteht, ist diese Erscheinung beendigt. Sie lässt sich durch keine andere Säure hervorbringen. — Bringt man in ein Uhrglas einen Tropfen Quecksilber, übergiesst denselben mit einer gesättigten Auflösung von Quecksilber in kalter Salpetersäure, und berührt ihn alsdann mit einem Zinkdrath, so geräth das

Quecksilber in eine ganz heftige Bewegung, springt hoch am Zink hinauf und fällt wieder zurück, und fährt damit so lange fort, bis das Zink aufgelöst oder das Quecksilber aus der Auflösung gefällt ist. Nimmt man ein Gefäss mit einer kleinen Erhöhung des Bodens in der Mitte, um welche das eingegossene Quecksilber einen Ring bildet, und legt unter die erwähnte Auflösung ein Stückchen Zink auf das Quecksilber, so geräth letzteres in eine rotirende Bewegung mit einer Geschwindigkeit, die bis zu 30 Umdrehungen in der Minute geht. Dieser Versuch gelingt mit keinen andern Metallen als mit Zink, und nur mit salpetersaurer Quecksilberoxydul-Lösung. Eine Amalgamirung des Quecksilbers mit $\frac{1}{400}$ Zink hebt sogleich die Erscheinung auf. Andere im Quecksilber aufgelöste Metalle sind im Verhältniss ihrer geringen elektropositiven Eigenschaften weniger hinderlich. Kupfer, Gold, Silber u. a., im Quecksilber aufgelöst, hindern die Erscheinung nicht.

Ehe ich die Berührungs-Elektricität verlasse, will ich in der Kürze noch eine andere Erscheinung erwähnen, die ich an keiner andern Stelle habe berühren können. Man hat gefunden, dass manche Körper, unter gewissen Umständen, nur Eine von den beiden Elektricitäten durchlassen, die andere aber isoliren. Man nennt sie unipolare Leiter. Gut ausgetrocknete Seife z. B. leitet die positive Elektricität, isolirt aber die negative. — Die Flamme des brennenden Phosphors leitet die negative E und isolirt die positive. Diese Phänomene zeigen sich indessen nicht eher, als bis man mit solchen Körpern die elektrische Säule zu entladen versucht, wo man findet, dass sie diese nicht entladen, ungeachtet sie sonst die Elektricität ziemlich gut, und die eine Elektricität eben so leicht, wie die andere leiten. Wenn man daher zwei Dräthe, die mit den beiden Polen der Säule in Verbindung stehen, in ein gehörig isolirtes Stück wohl getrockneter Seife dergestalt hineinsteckt, dass ihre Enden in einem geringen Abstande einander gegenüber stehen; so wird die Säule nicht entladen, und wenn man an den Polen Elektrometerkugeln aufgehängt hat, so behalten diese ihre Divergenz bei, als ob keine Verbindung zwischen den Polen statt fände. Wenn man hingegen die Seife mit einem Metalldrathe in Berührung, und diesen mit dem Erdboden in

Verbindung bringt, so wird die Elektricität des positiven Pols abgeleitet, und seine Elektrometerkugeln fallen zusammen; dabei steigt aber die elektrische Intensität des negativen Pols auf ihr Maximum, und die Elektrometerkugeln stossen hier einander mehr, als vorher, ab. Macht man diesen Versuch mit der Flamme des brennenden Phosphors, oder mit dem, von einem am Dochte einer Weingeistlampe glühenden Platindrathe aufsteigenden Dampfe (wobei ebenfalls eine Säure gebildet wird), so ist der Erfolg auf die Weise umgekehrt, dass der + Pol auf sein Maximum gesteigert wird.

Diese Erscheinungen gehören zu den noch nicht erklärten Gegenständen der Elektricitätslehre, und zwar deshalb, weil man noch nicht einzusehen vermocht hat, warum diese unipolaren Leiter der einen Elektricität einen leichteren Durchgang zum Erdboden, als zu einem Körper gestatten, welcher die entgegengesetzte Elektricität im Ueberschuss enthält und sich zu neutralisiren strebt. Man hat gefunden, dass die meisten Körper bis zu einem gewissen Grade unipolare Leiter sind, wiewohl sich diess grösstentheils nicht ohne Schwierigkeit bemerken lässt; und dass diese Unipolarität mit ihren elektrochemischen Eigenschaften in gewissem Verhältnisse steht, so dass sie diejenige E, die sie durch Berührung gewöhnlich annehmen, leiten, die entgegengesetzte aber isoliren. Die Alkalien und Seife sind folglich unipolare Leiter für die + E, Säuren hingegen und die Phosphorflamme für — E. Lässt man die Flamme eines Körpers, der ein Alkali bildet, z. B. des Kaliums, oder eines Körpers, der vielen Wasserstoff enthält, zwischen zwei gleichen Metallkugeln brennen, die mit entgegengesetzten Elektricitäten elektrisirt sind; so zieht sich die Flamme nach der negativen Kugel; der grösste Theil des Rauches setzt sich daran fest, und die Kugel wird erhitzt, während die andere kaum warm wird. Dagegen zieht sich die Flamme solcher Körper, welche Säuren bilden, z. B. des Phosphors, Schwefels u. s. w., nach der positiven Kugel, welche mit Rauch überzogen und erhitzt wird.

Die Entdeckung der Berührungs-Elektricität und ihrer Wirkungen ist, in Hinsicht ihres Einflusses auf die Entwickelung aller Theile der Naturkunde, vielleicht eine der wichtigsten, welche der menschliche Scharfsinn jemals gemacht hat. Wenn man überlegt, was seit ihrer Entdeckung schon

jetzt aus der chemischen Philosophie geworden ist, und sich erinnert, dass man noch vor 35 Jahren keine Ahnung davon hatte; so kann man sich Glück wünschen, in einem Zeitalter geboren zu sein, in welchem das menschliche Geschlecht mit schnelleren Schritten, als jemals, seiner geistigen Vervollkommnung entgegenschreitet.

Den ersten Anlass zu diesen Entdeckungen gab eine ganz gewöhnliche elektrische Erscheinung. Aloys Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, liess einige Zöglinge sich im Zergliedern von Fröschen üben, und als einer von ihnen zufällig einen Funken von einer in der Nähe stehenden Elektrisirmaschine erhielt, fingen die Muskeln des Frosches unter dem Messer des Zergliederers an zu zucken. Galvani fasste diese Erscheinung auf und beschloss, näher zu untersuchen, welche Belehrung man aus dieser unerwarteten und ungewöhnlichen Empfindlichkeit der Nerven eines todten Frosches für Elektricität ziehen könne, wenn dieselben zu Elektroskopen für atmosphärische Elektricität angewendet würden. Zum Behuf eines solchen Versuches, schnitt er ein Stück Rückenmark nebst den damit zusammenhängenden unteren Extremitäten eines Frosches aus, zog hierauf einen Kupferring durch das Rückenmark, und bemerkte, nachdem er mit dieser Vorrichtung längere Zeit Beobachtungen über die Elektricität der Atmosphäre gemacht hatte, ganz zufällig, dass ein zerschnittener und mit einem Haken zum Aufhängen versehener Frosch, als er auf ein Gefäss von verzinntem Eisenbleche gelegt wurde, Zuckungen bekam, die sich immer wiederholten, so oft der Haken, wenn er von dem Bleche aufgehoben worden, dieses wieder berührte. — Galvani fand bald nachher, dass, wenn man zwei verschiedene Stellen eines so präparirten Frosches mit zwei verschiedenen Metallen belegte, stets Zuckungen in dem Frosche entständen, sobald die Metalle sich berührten oder mittelst eines Metalldraths verbunden würden, und dass Zink und Silber diese Erscheinung besser als andere Metalle hervorbrächten. Nun war die Entdeckung gemacht. Galvani machte im Jahre 1791 seine Versuche in einer Druckschrift bekannt, und nannte den wirkenden Stoff animalische Elektricität. Sein Wunsch, aus dieser Entdeckung für seine Hauptwissenschaft Nutzen zu ziehen, verleitete ihn zu mancherlei

physiologischen Theorien, die aber bald wieder in Vergessenheit geriethen.

Während des folgenden Jahrzehnds wurde von vielen achtungswerthen Naturforschern eine so grosse Anzahl von Versuchen über diesen Gegenstand angestellt und beschrieben, dass eine Sammlung derselben ziemlich eine kleine Bibliothek ausmachen würde. Man richtete seine Aufmerksamkeit dabei vorzüglich auf Physiologie, und fing an, den Stoff, welcher die Zuckungen in dem präparirten Frosche hervorbrachte, als ein eigenes, mit der Elektricität analoges, feines Fluidum zu betrachten, welches man Galvanismus nannte, welchen Namen die Berührungs-Elektricität noch jetzt oft führt. Die Chemie hatte dis dahin noch keinen Nutzen aus dieser Entdeckung gezogen, und konnte damals die Umschaffung noch nicht ahnen, die für sie daraus hervorgehen würde.

Im Jahre 1800 trat Alexander Volta mit der Entdeckung der elektrischen Säule auf, und nach Verlauf eines halben Jahres gab es wohl kaum einen Naturforscher mehr, welcher nicht Volta's erstaunenswürdige Erfindung durch eigene Erfahrungen bekräftiget gefunden hätte. Volta beschrieb die Säule als eine elektrische Vorrichtung, in welcher die Elektricität durch gegenseitige Berührung verschiedenartiger Metalle hervorgebracht würde. Die Meinungen darüber waren getheilt, weil man nicht einig darüber war, ob der in der Säule wirkende Stoff, der Galvanismus, Elektricität sei oder nicht. Man kam indessen bald darüber zur Gewissheit, nämlich auf die Weise, dass man zwei elektrische Ladungsflaschen zu gleicher Intensität lud, und zwar die eine durch eine starke elektrische Säule, und die andere durch eine gewöhnliche Elektrisirmaschine; wobei man fand, dass ihre entgegengesetzten Belegungen einander entladeten. — Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Säule war man dagegen lange im Streite. Die fast bis in's Unendliche verschiedene Wirksamkeit der Säule bei Anwendung verschiedenartiger Flüssigkeiten, die insonderheit beim Gebrauch der Salpetersäure am stärksten ist, gab Anlass zu der Vermuthung, dass eine andere Ursache, als die Berührung, hier wirke, und dass vornehmlich die Oxydation des einen Metalls als *primum movens* der Elektricität zu betrachten sei, da die Erregung derselben in dem Maasse zunehme, wie die Oxydation stärker

werde. Eine grosse Anzahl von Naturforschern sah daher die Elektricität der elektrischen Säule als eine Folge von der Oxydation des Zinks, und diese als eine nothwendige Bedingung an, ohne welche diese Elektricität nicht statt finden könne. Volta und mehrere andere Naturforscher traten mit kräftigen Beweisen gegen diese Idee auf; völlig entschieden aber wurde die Sache wohl erst durch eine Reihe von Untersuchungen von Humphry Davy, worüber er der Königl. Societät zu London im November 1806 einen Bericht erstattete, der zu den vortrefflichsten Abhandlungen gehört, welche jemals die Theorie der Chemie bereichert und erweitert haben.

Ungeachtet die endliche Erforschung der Wahrheit so viel Mühe kostete, so können wir sie doch jetzt durch ganz einfache Versuche ausser Zweifel setzen. Ein solcher Versuch ist folgender: Man giesse auf den Boden eines jeden Bechers der Batterie Taf. I. Fig. 16. ätzende Kalilauge, auf diese aber Salpetersäure, jedoch mit der Vorsicht, dass sich beide Flüssigkeiten nicht vermischen. Das Zink steht nun im Alkali, und das Kupfer in der Säure, von welcher es nach und nach oxydirt und aufgelöst wird, ohne dass aber das Zink vom Alkali angegriffen wird. Wäre nun die Oxydation das *primum movens* der Elektricität, so würde bei Entladung der Säule der Kupferpol positiv und der Zinkpol negativ sein, d. h. die Metalle würden die umgekehrten EE besitzen. Lässt man aber die Säule sich wirklich entladen, so hört die Oxydation des Kupfers in der Säure augenblicklich auf, das Zink oxydirt sich sichtbar im Alkali, und der Zinkpol wird, wie gewöhnlich, positiv. Daraus folgt augenscheinlich, dass nicht die Oxydation, sondern die Berührung der Metalle die wahre Ursache der Elektricitäts-Entwickelung in der Säule sei.

Indessen ist hier noch zu erwähnen, dass Aug. de la Rive, durch sehr geschickt ausgeführte Versuche, Volta's Ansicht, dass die Berührung zwischen ungleichen Körpern die erste Ursache der elektrischen Erscheinungen sei, umzustürzen suchte, indem er beweisen wollte, dass die chemische Reaction, vorzüglich die Oxydation des anderen Metalles, die Ursache der Elektricität und nicht eine Wirkung derselben sei. Er vernachlässigte aber dabei zu sehr, die Entwickelung von Contacts-Elektricität, die zwischen festen Körpern und Flüssigkeiten entsteht, mit in Anschlag zu bringen, und im Allgemeinen deter-

determinirte bei seinen Versuchen die letztere die elektrische Vertheilung mit grösserer Kraft und in entgegengesetzter Ordnung, als man aus der Berührung fester Körper erwarten sollte. Wäre die chemische Reaction die Ursache der elektrischen Erscheinungen der Säule, so ist es klar, dass bei Entladung der letzteren die elektrische Kraft nicht den gewöhnlichen Gang der chemischen Reactionen überwinden oder verändern könnte, wie wir doch sehen, dass es in einem bewundernswürdigen Grade geschieht; und es ist nothwendig, dass die Erklärung der Elektricitäts-Erregung in der Säule, wenn sie als richtig soll gelten können, mit der Erklärung der bei Entladung der Säule entstehenden Wirkungen der Elektricität in vollkommenem Einklang stehe, was nicht der Fall sein könnte, wenn die Elektricitäts-Erregung von den chemischen Reactionen bedingt würde. Ausserdem hat Pfaff gezeigt, dass Erscheinungen von Berührungs-Elektricität eben so gut in trockenen und von oxydirenden Körpern ganz freien Gasen, z. B. in Wasserstoffgas und Stickgas, statt finden, und Marianini hat gezeigt, dass in Ritter's sogenannter Ladungssäule (pag. 121), in welcher die Erscheinungen wie in einer gewöhnlichen Säule, aber nur zwischen einer Flüssigkeit und einem Metall, vor sich gehen, das Metall zuvor eine elektrische Polarität bekommen hat, welche es eine Zeit lang behält, und wodurch die chemischen Veränderungen in der Flüssigkeit auf der einen und der Ladungszustand der Säule auf der anderen Seite bedingt werden. Er giebt sogar an, dass Silber, in Folge des pag. 120 erwähnten, für einige Zeit darin fixirten, elektrischen Zustandes, so elektropositiv gemacht werden könnte, dass es während dieses Zustandes mit Zink und einem feuchten Leiter in diesem letzteren solche chemische Reactionen hervorbrachte, dass es sich wie das positive, und das Zink wie das negative Metall verhielt. Ist dieses Verhalten richtig beobachtet, so steht es in geradem Gegensatz mit den Resultaten, zu denen de la Rive's Versuche führen sollten. — Endlich will ich auch eines Versuches von Fechner erwähnen, der mir in dieser Hinsicht entscheidend zu sein scheint. Eine elektrische Säule von 20 bis 25 Paaren aus Zink, Kupfer, feuchtem Leiter, Zink, Kupfer etc. wurde so aufgestellt, dass das Kupferende nach unten lag und mit der Erde in leitende Verbindung ge-

setzt wurde. Das Zinkende hingegen war isolirt und bekam dadurch positive Elektricität im Zustande der Tension. Wenn dieses Ende mit der Kante einer polirten Kupferscheibe berührt wurde, die an einer isolirten Handhabe befestigt war, so wurde die Kupferscheibe gleichfalls positiv elektrisch, wie an einem condensirenden Elektroskop bemerkt werden konnte. Wurde dagegen die ganze, polirte breite Seite der Kupferschcibe auf der, das positive Polende der Säule bildenden Zinkscheibe geladen, so wurde sie, ungeachtet der Ladungszustand der Säule sie positiv elektrisch zu machen strebte, negativ elektrisch durch Contact; und deshalb glückte es, als die Grösse der Berührungsfläche allmählig verändert wurde, eine Grösse derselben zu treffen, bei der die Tensions + E der Säule gerade die Contacts — E aufwog, so dass die Kupferscheibe durchaus nicht elektrisch wurde.

Die chemischen Wirkungen der elektrischen Säule zogen anfangs weniger die Aufmerksamkeit der Erfinder auf sich, als ihre physikalischen Erscheinungen. Zwei Engländer, Nicholson und Carlisle, bemerkten zuerst, dass sie das Wasser zerlege und dass sich die ausgeschiedenen Bestandtheile desselben um die beiden Pole ansammeln. Nun wurden diese chemischen Wirkungen ein wichtiger Gegenstand der Untersuchungen; man glaubte zu entdecken, dass der + Pol bei seiner Entladung durch Flüssigkeiten Säuren, der — Pol aber Alkalien erzeuge, und fing an zu vermuthen, dass aus den Bestandtheilen des Wassers an den entsprechenden Polen Salzsäure und Natron gebildet werden könnten. Simon bewies aber, dass aus reinem Wasser weder Säure noch Alkali, sondern bloss Sauerstoff- und Wasserstoffgas erhalten werde. — Bei einer Reihe von Versuchen, die ich mit Hisinger anstellte, und die wir im J. 1803 bekannt machten, gelang es uns, die wahre Beschaffenheit der vermeintlichen Bildung von Säure und Alkali darzulegen, und zu zeigen, dass alle diese Erscheinungen von den vorerwähnten allgemeinen Gesetzen abhängig sind, nach welchen bei Entladung der Säule durch Flüssigkeiten die brennbaren Körper und Salzbasen um den — Pol, der Sauerstoff und die Säuren aber um den + Pol sich ansammeln. Davy wiederholte drei Jahre später diese Versuche mit grösseren Apparaten, und bewies, dass dieses Gesetz bis zu einem

Grade gültig sei, wovon man bis dahin noch keine Ahnung gehabt hatte. Seine kräftigen Apparate schieden sogar die Kieselerde und das Natron aus dem Glase, worin er seine Versuche anstellte, so dass sich deutliche Spuren von Natron am — Leiter zeigten; auch glückte es ihm, Körper zu zerlegen, die bis dahin unzerlegt geblieben waren, und indem er dadurch die gewagte Vermuthung des grossen Lavoisier über die Natur der Alkalien bestätigte, zog er aus diesen Körpern, mit Hülfe der reducirenden Kraft der Elektricität, eine Reihe neuer, sehr merkwürdiger, metallischer Körper, deren Entdeckung eine der glänzendsten Folgen der Erfindung der elektrischen Säule geworden ist.

Den elektrischen Zustand und seine langsame, aber Alles überwindende Kraft hat Becquerel zur Hervorbringung chemischer Wirkungen und dadurch erzeugter, früher unbekannt gewesener Verbindungen angewandt. In eine, in Gestalt eines U gebogene Glasröhre bringt er unten in die Biegung ein, die Gemeinschaft zwischen den beiden aufwärts stehenden Schenkeln unterbrechendes Gemenge von Thon und Wasser. In die Schenkel werden Flüssigkeiten von verschieden elektrischer Tension gegossen, die Oeffnungen mit Korken verschlossen und durch diese ein umgebogener Metalldrath durchgesteckt, so dass er bis auf einen kleinen Abstand vom Thon in die Flüssigkeit reicht. Der Drath besteht entweder aus einem Metall, oder aus zwei verschiedenen, in der Mitte zusammengelötheten. Nach Verlauf von 5 bis 8 Monaten ist die Wirkung beendigt, zu deren Langsamkeit die Dicke des Thonlagers sehr beiträgt. Becquerel vergleicht diese beständig wirkende, langsame Kraft mit derjenigen, welche bei der Bildung der im Innern der Erde vorkommenden Verbindungen wirksam gewesen sei.

De Luc erfand im J. 1804 die trocknen Säulen aus Silberpapier und Zink; Jäger erklärte die Theorie derselben, nach meinem Erachten, am wahrscheinlichsten; und die Erscheinung der unipolaren Leiter ist eine Entdeckung Erman's.

4. Erregung der Elektricität durch einen unbekannten chemischen Prozess in den Wolken.

Gewisse Wolken bringen eine eigenthümliche Erscheinung hervor, welche wir Gewitter nennen. Diese Wolken

zeigen von ihrer Entstehung an Merkmale von freier Elektricität; diese wächst aber zuweilen augenblicklich zu einem ausserordentlichen Grade elektrischer Ladung, entweder zwischen verschiedenen Wolkentheilen, oder zwischen ihnen und dem Erdboden, an, und entladet sich durch einen starken Funken, welcher zuweilen ungemein grosse Sprünge macht und als das eigentliche Phänomen des **Blitzes** und **Donners** bekannt ist. Zuweilen, wenn die Wolken und der Erdboden eine schwache entgegengesetzte elektrische Ladung haben, entsteht keine so heftige Entladung, sondern die Elektricität setzt sich allmählig in's Gleichgewicht. Geschieht diess in der Nacht, so sieht man hohe spitze Theile auf der Erde mit grösseren oder kleineren elektrischen Flammen leuchten, die man **Elmsfeuer** nennt; diese Körper blasen nämlich, vom Erdboden aus, den Wolken und der Luft eine entgegengesetzte Elektricität zu und stellen das Gleichgewicht her. Diese Erscheinung zeigt sich besonders oft zur See, und ist im Grossen dasselbe, was die Flamme an spitzen Körpern in der Nähe von grossen Elektrisirmaschinen im Kleinen ist.

Die Ursachen von der Vertheilung der Elektricitäten in den Wolken sind uns völlig unbekannt; sie müssen sich aber auf einen chemischen Prozess gründen und die Vertheilung muss in einem einzigen Augenblicke zur vollen Ladung anwachsen können, da eine und dieselbe Wolke oft schnell hinter einander fortblitzt, und ausserdem die Wolken, weil sie aus Wasserdünsten bestehen und folglich Leiter sind, eine langsam erregte Elektricität sehr bald ohne Funken in's Gleichgewicht bringen müssten.

Geschieht der Schlag zwischen den Wolken und dem Erdboden, so sagt man, der Blitz schlägt ein. Gewöhnlich trifft ein solcher Schlag irgend einen erhöhten Gegenstand, z. B. einen Baum, einen Thurm, ein Haus, und diess zwar um so leichter, je mehr der Gegenstand leitend und spitz ist. Wenn man einen solchen Blitzschlag in einer geringen Entfernung beobachtet, so findet man am gewöhnlichsten, dass ein elektrischer Funke im Zickzack aus dem Thurme oder Hause nach den Wolken emporfährt; bisweilen sieht man aber auch, dass aus beiden Funken hervorbrechen und in der Luft einander begegnen. Schlägt der Blitz in die See, so liegt die Wolke tief und senkt sich kurz vor dem Ausbruche des Funkens noch

tiefer, und dieser scheint nun von der Wolke auszugehen; das Wasser hebt sich ihm entgegen in Gestalt eines kleinen Kegels, und dadurch wird die Stelle, wo der Blitz einschlägt, mit kleinen Wogen umkreist.

Franklin verdankt man die Erfindung, die Gebäude durch sogenannte Blitzableiter vor dem Einschlagen zu sichern. Sie sind von zweierlei Art, spitze und stumpfe; beide Arten bestehen aus einer Metallmasse, die in einer zusammenhängenden Strecke von den obersten Theilen der Gebäude bis einige Fuss tief unter die Erde fortläuft; die spitzen Ableiter endigen sich oben in eine aufwärts stehende, vergoldete Spitze; die stumpfen hingegen mit einer Metallkugel.

5. Elektricitäts-Erregung durch einen eigenen organisch-chemischen Prozess.

Einige Fische haben die sonderbare Eigenschaft, sich durch starke elektrische Schläge zu vertheidigen, wodurch Thiere, die sich ihnen nähern, gelähmt und mitunter getödtet werden können. Fische dieser Art sind der Zitteraal (*Gymnotus electricus*), der Zitterrochen (*Raja Torpedo*), der Zitterwels (*Silurus electricus*) und der *Trichiurus indicus*. Diese Fische besitzen eigene Organe, womit sie augenblicklich einen sehr starken elektrischen Schlag hervorbringen können, so dass ein Mensch es nicht gern wagt, einen grossen und eben erst gefangenen Fisch der Art zu berühren. Diese Organe liegen mehr an der Oberfläche des Körpers und sind bei jeder dieser Fischarten anders gestaltet. Sie haben sehr starke Nerven, und wenn das Organ weggenommen, oder ein Nervenstrang, welcher zu demselben führt, abgeschnitten wird, so stirbt der Fisch zwar nicht sogleich, verliert aber seine ganze elektrische Kraft.

Diese Organe haben eine Art von zelliger Struktur und sind sehr reich an Blutgefässen, daher man sie, gleich nach Entdeckung der elektrischen Säule, mit dieser Vorrichtung verglichen hat. Allein allem Anscheine nach hat hier die Vertheilung der Elektricitäten einen ganz anderen Grund. Diese Fische sind an und für sich nicht elektrisch und zeigen am Elektrometer keine Spur von Elektricität; diess beweist aber, dass sie sich in einem Augenblicke laden und entladen können, und diess beruht sogar einzig und allein auf ihrer Will-

kühr, da sie zu einer Zeit gar keinen Schlag, zu einer andern äusserst heftige Stösse geben, und diese alle zwei bis drei Sekunden wiederholen. Sie geben den Schlag im Wasser und ausserhalb desselben, doch nur bei unmittelbarer Berührung; denn der mindeste Zwischenraum von Luft oder Wasser unterbricht ihn. Der Fisch muss überdiess in zwei Punkten berührt werden, wenn er einen Schlag geben soll, ungeachtet diese Punkte keine bestimmte Stelle einnehmen, und einander so nahe liegen können, dass man sie beide auf einmal berühren kann, wenn man den Finger auf den Fisch drückt. Isolirt man sich und berührt den Fisch mittelst eines Metalls, so erhält man keinen Schlag, weil er sich durch das Metall entladet. Daher kann man einen solchen Fisch ohne alle Gefahr handhaben, wenn man ihn auf eine metallene Schüssel legt, oder zwei Seiten desselben durch Metall in Verbindung bringt, weil dann alle Schläge, die der Fisch giebt, durch das Metall ausgeladen werden. Einige Male will man bei diesen Schlägen elektrische Funken bemerkt haben. Bei einem gefangenen Fische nimmt die elektrische Kraft in dem Maasse ab, als seine Lebenskräfte sich vermindern.

Magnetismus.

Gewisse Eisenerze besitzen die Eigenschaft, mit mehr oder weniger Kraft Eisen anzuziehen und fest zu halten. Man nennt einen solchen Eisenstein einen Magnet. Seine Anziehungskraft äussert sich nur auf eine geringe Entfernung und wird von andern Körpern, die zwischen ihm und dem Eisen sich befinden, in dem Falle unterbrochen, wenn ihre Dicke grösser ist, als der Abstand, auf welchen sich die Wirksamkeit des Magnets erstreckt.

Eine Menge von Körpern, welche Eisen in metallischer Gestalt oder in niedrigern Oxydationsgraden enthalten, werden vom Magnet angezogen, und verschiedene Körper, die sonst nicht eisenhaltig sind, aber durch Bearbeitung mit eisernen Werkzeugen einen, wenn auch unmerklichen, Zusatz davon bekommen, erhalten dadurch die Eigenschaft, dem Magnet zu folgen, wie z. B. gefeiltes Zink. Ausser dem Eisen werden auch metallisches Nickel und Kobalt vom Magnet angezogen. — Um zu entdecken, ob ein Körper vom Magnet an-

gezogen wird, braucht man ihn nur auf Quecksilber, oder auf einem Kork auf Wasser schwimmen zu lassen, und ihm den Magnet nach und nach zu nähern, oder auch wohl den zu untersuchenden Körper selbst der Spitze einer empfindlichen Magnetnadel zu nähern.

Jeder Magnet hat zwei Punkte, in welchen sich sein Magnetismus am stärksten äussert; sie heissen die Pole des Magnets, und wenden sich, wenn man den Magnet an einem Faden aufhängt, der eine nach Norden, der andere nach Süden, daher sie den Namen Nordpol und Südpol erhalten haben. Hat man zwei Magnete auf diese Weise aufgehängt, so findet man, dass ihre nach einerlei Weltgegend gerichteten Pole einander abstossen, die nach entgegengesetzter Richtung sich wendenden Pole hingegen einander anziehen. Zuweilen findet man natürliche Magnete mit drei bis vier Polen, was theils von der Gestalt des Steines, theils von seiner Zusammensetzung herrühren kann.

Wenn man an die Pole des Magnets zwei Stücke Eisen so befestigt, dass sie ein wenig unter dem Magnet hervorragen; so äussert sich die magnetische Kraft durch diese Eisenstücke, wenn sie auf Einmal wirken können, weit stärker, als durch die unbelegten Pole. Einen solchen Magnet nennt man armirt. Gewöhnlich verbindet man diese Eisenstücke durch einen kleinen eisernen Stab, den sogenannten Anker, an welchen man nach und nach immer grössere Gewichte hängen kann, die der Magnet fest hält, dessen Kraft dadurch allmählig um ein Bedeutendes verstärkt wird. Durch Wärme wird der Magnet schwächer, erhält aber seine Kraft beim Erkalten wieder; durch Glühen wird sie gänzlich zerstört; so wie auch durch Pulvern, Oxydiren, Auflösen, im Allgemeinen durch Vereinigung des Eisens mit anderen Körpern, die magnetische Eigenschaft verschwindet.

Man hat mehrere Vermuthungen über die Natur des Magnetismus. Wir werden ihn jedoch hier nur als einen polaren Zustand betrachten und zur Erleichterung des mündlichen und schriftlichen Ausdrucks den Nord M durch + M, den Süd M durch — M bezeichnen.

Wenn man ein Stück Eisen nach dem einen Pole des Magnets, z. B. dem + Pole, führt, so entsteht in diesem Eisen eine magnetische Polarität. — M sammelt sich in dem, vom

Magnete berührten Ende, und + M in dem entfernteren Ende an, gerade so, wie es bei der Elektricität der Fall ist, wenn ein elektrischer Leiter in die Nähe eines elektrischen Körpers gebracht wird. Man kann sich diess leicht durch folgenden Versuch versinnlichen. Wenn man zwei Zoll lange Stückchen Eisendrath an freien Fäden neben einander aufhängt, und ihnen bis auf eine geringe Entfernung einen etwas kräftigen Magnet nähert, so werden sie sich von einander entfernen, so wie Fig. 22. Taf. I. zeigt, weil sie durch die Einwirkung des Magnets polarisch werden, und die gleichen M in den nach einer Richtung gewendeten Enden der Dräthe einander abstossen, so lange der Abstand des Magnets so gross ist, dass die Anziehungskraft desselben die Abstossungskraft der einander am nächsten liegenden Drathenden nicht überwindet. Bringt man den Magnet dann noch näher, so werden die — Enden der Dräthe von dem + Pol angezogen und nähern sich einander; die positiven Enden hingegen stossen einander zurück, wie in Fig. 23, weil die Abstossungskraft der — Enden durch den + Pol des Magnets überwunden wird, die + Enden der Dräthe aber dieselbe beibehalten. Noch ein Beispiel ist Taf. I. Fig. 24. dargestellt. a b ist ein Stückchen Eisendrath, welches an einem feinen Seidenfaden hängt, und c d ein Stückchen Eisen, welches auf einem kleinen Gestelle so aufgestellt wird, dass noch ein Abstand zwischen d und b bleibt. Nähert man nun dieser Vorrichtung bis auf einige Entfernung einen Magnet, wie durch e angedeutet ist, so werden d und b getrennt, weil der Pol des Magnets einerlei M in ihnen erregt, und diese einander abstossen. Nähert man aber den Magnet, wie in Fig. 25., von der Seite, so ziehen das Stückchen Eisen und der Drath einander an, weil nun durch die magnetische Polarität in a b das eine M in b, und das andere M in d sich anhäuft, wodurch b und d nun einander anziehen müssen.

Diese Polarisation geht so weit, dass, wenn a b Fig. 26. den + Pol eines Magnets vorstellt, und b c ein Stück Eisen, welches der Magnet für sich nicht völlig tragen kann, dieses Stück Eisen dann von ihm getragen wird, wenn man ein anderes Stück Eisen d e unter b c bringt. Es zertheilt nämlich dann das in c angehäufte + M den magnetischen Stoff in d e, wodurch (gerade so, wie durch zusammengestellte Platten-

paare in den elektrischen Säulen, die Elektricität stärker zertheilt wird) mehr + und — M in b c ausgeschieden, und sonach dem + Pole des Magnets, in dem Ende b des Eisens b c, mehr — M wirkend entgegengestellt wird. Nimmt man d e hinweg, so hört die stärkere Zertheilung in b c wieder auf, und es fällt wieder vom Magnete ab. Auf diesen Umstand gründet sich die bekannte Erscheinung, dass ein Magnet von einem Ambosse ein grösseres Stück Eisen aufhebt, als von einem Tische.

Ein Magnet ist folglich ein Körper, dessen magnetischer Stoff sich in steter Zertheilung befindet, so dass sich fortdauernd das + M in dem einen, und — M im anderen Pole ansammelt. Wird ein Stück Eisen von einem Magnete berührt, so wird es dadurch ebenfalls zum Magnet, so lange es nämlich in der Nähe des ersten ist und so in + und — M von einander getrennt bleibt. Entfernt man es wieder vom Magnete, so vereiniget sich sein + und — M wieder zu oM, oder zu der nicht wahrnehmbaren magnetischen Materie, und das Stück Eisen verliert seinen Magnetismus wieder. Kann man es aber in eine solche Lage bringen, dass sein + und — M stets gesondert bleiben, so ist es eben so wohl ein Magnet geworden, wie der Magnet, der darauf wirkte.

Reines Eisen kann seinen M nicht in zertheiltem Zustande behalten; wohl aber kann der Stahl, der eine Verbindung von Eisen mit wenig Kohle ist, die magnetische Kraft leicht an sich halten, wenn er im magnetischen Zustande gerieben wird, und zwar am besten mit einem Magnete. Diess nennt man m a g n e t i s i r e n und geschieht auf folgende Weise:

1) Durch den e i n f a c h e n S t r i c h. Man nimmt eine Stahlstange, setzt auf der Mitte derselben den + Pol eines Magnets auf, und streicht damit bis an das eine Ende der Stahlstange und noch ein Stück darüber hinaus; setzt dann den Magnet abermals in der Mitte der Stange auf, streicht nach derselben Richtung fort und wiederholt dieses Verfahren 40 bis 50mal. Auf dieselbe Weise behandelt man die andere Hälfte der Stahlstange mit dem — Pole des Magnets. Dabei muss man aber wohl beachten, dass man niemals von einem Ende nach der Mitte zurückstreicht, weil dadurch der Magnetismus zerstört wird. Dasjenige Ende der Stange, welches mit dem

+ Pole des Magnets bestrichen wird, empfängt — M, das mit dem — Pole bestrichene Ende aber + M.

2) Durch den Doppelstrich. Man bedient sich dazu ebenfalls einer Stahlstange, setzt auf ihre Mitte den Magnet mit beiden Polen auf und streicht damit langsam vor- und rückwärts von einem Ende zum andern. Will man mit Streichen aufhören, so zieht man den Magnet in der Mitte der Stange wieder ab, die nunmehr an demjenigen Ende, wo man den + Pol des Magnets hinführt, — M, am andern Ende aber + M erhalten hat. Es versteht sich von selbst, dass, wenn man die Pole des Magnets umwendet und das Bestreichen von Neuem anfängt, die gleichen M einander nunmehr zurücktreiben, und dass sich das M der Stange erst vermindert, dann ganz verschwindet, endlich von Neuem zum Vorschein kommt, jedoch so, dass das Ende, welches vorher + Pol war, nunmehr zum — Pole geworden ist.

3) Durch den Kreisstrich. Man legt vier Stahlstangen in ein Viereck zusammen, wie in Fig. 27. Taf. I. dargestellt ist, setzt den Magnet mit beiden Polen auf die eine Stange auf, und streicht, auf die vorher beschriebene Weise, von einem Stahle zum andern fort, mehrere Male ringsum.

Wenn man mehrere Magnetstäbe mit gleichnamigen Polen zusammenlegt und ihre Pole an jedem Ende mit weichem Eisen verbindet, so erhält man einen einzigen verstärkten Magnet oder eine sogenannte magnetische Batterie. Gewöhnlich fügt man zwei solche Batterieen in einem messingnen Futteral zusammen, leitet weiches Eisen von den Polen der Stäbe aus dem Futteral heraus, und bekommt so 2 Paar Pole, von welchen jedes Paar mit seinem Anker verbunden wird. Wenn man nun durch diese Batterie eine verstärkte magnetische Polarität einem stählernen Stabe beibringen will, so verbindet man, nach Steinhäuser's Vorschrift, die Enden desselben mit zwei ungleichnamigen Polen der Batterie, und fährt mit einem andern Magnete von dem einen Ende des Stabes zum andern hin und her. Am besten gelingt dieses mit zwei Stäben, deren eines Ende man mit weichem Eisen verbunden hat. Die Batterie bestimmt sowohl die Quantität als die Qualität der Polarität; das Hin- und Herfahren mit dem andern Magnete dient nur, diese zu befestigen; es ist daher gleichgültig, welcher von den Polen des streichenden Magnets nach unten hin

gewandt wird. Ehe man den gestrichenen Magnet von der Batterie wegnimmt, müssen die Pole beider durch ihre Anker verbunden werden, sonst verlieren sie von ihrer magnetischen Kraft.

Man bezeichnet sich die Nordpole mit einem Feilstriche, und legt diese künstlichen Magnete, damit ihre Kraft nicht abnehme, mit zwei und zwei ungleichen Polen so zusammen, dass dazwischen gelegte kurze Eisenstückchen die entgegengesetzten Pole mit einander verbinden.

Es ist offenbar, dass der Magnet bei diesen Vorgängen nichts von sich fahren lässt, da er bloss die natürliche magnetische Materie des Stahles in ihre Bestandtheile, + und — M, zertheilt. Der Magnet verliert deshalb dadurch nicht das Mindeste an Kraft, und magnetisirt stets auf dieselbe Weise, wie der Kuchen des Elektrophors dessen Deckel elektrisirt, nämlich nicht durch Mittheilung, sondern nur durch Vertheilung.

Auf diese Weise können auch metallisches Eisen und Nickel magnetisch werden. Das Eisen muss aber stets mit einem gewissen Antheile eines fremden Stoffes vereiniget sein, entweder mit Kohle, wie im Stahle, oder mit Sauerstoff, wie im Magnetstein, und man hat gefunden, dass geschmeidiges Eisen auch durch einen Gehalt an Schwefel oder Phosphor die Eigenschaft bekommt, die magnetische Kraft fest zu halten. Andere, weniger bekannte kleine Umstände bewirken, dass eine Art Stahl viel stärker magnetisch wird, als die andere.

Da die Eigenschaften eines Magnets darauf beruhen, dass sein + und — M an seinen beiden Enden sich anhäuft, so muss es in der Mitte desselben eine Stelle geben, wo beide M sich berühren, und wo also die magnetische Kraft im Gleichgewicht ist; diese Stelle nennt man den **Culminationspunkt** oder **Aequator**.

Auch unsere Erdkugel ist ein Magnet, dessen — M sich auf irgend einer Stelle in der Nähe des Nordpols anhäuft, wogegen sich sein + M nach der Gegend des Südpols hinzieht. Daher rührt die Eigenschaft des Magnets, sich nach Norden und Süden zu wenden; denn weil das — M der Erde das + M des Magnets anzieht, so muss dieser seinen + Pol nach Norden und den — Pol nach Süden kehren. Daher muss auch die Erde auf Eisen und auf jeden Magnet dieselbe Kraft aus-

üben, die ein grosser Magnet auf Eisen und auf kleine Magnete ausübt, wenn sie in seinen Wirkungskreis kommen. Der Magnetismus der Erde ist inzwischen sehr schwach, so dass er auf's Eisen ganz unmerklich und nur auf Magnete sichtbar einwirkt.

Hält man einen etwas kräftigen Magnet unter einen Teller oder ein Papier, worauf man Eisenfeilspäne gestreut hat, und klopft dann leise an den Teller, so dass die Feilspäne eine durch den Magnet bestimmte Stellung annehmen können, so legen sie sich, wie Fig. 28. Taf. I. zeigt, nach den Polen zu gerade auf und nieder, richten sich in deren Nähe schief empor und laufen in der Mitte der Stange mit derselben parallel. Dasselbe geschieht, wenn man, wie in Fig. 29. dargestellt ist, über einer magnetisirten Stahlstange kleine Enden von magnetisirtem Stahldrath aufhängt. Diese kehren sich längs hin nach der Stange, laufen in der Mitte derselben mit ihr parallel, nehmen aber nach den Enden zu immer mehr und mehr eine schiefe Lage an, wobei sich ihre + Pole nach dem — Pol der Stange und ihre — Pole nach dem + Pole derselben neigen.

Etwas, dem völlig Analoges muss auch beim Erdmagnetismus statt finden. Wenn man eine lange Stahlnadel so aufhängt, dass sich beide Enden derselben das Gleichgewicht halten, und sie nachher magnetisirt, so nimmt ihr Nordpol eine geneigte Stellung an, indem er gleichsam schwerer wird und nunmehr einen Winkel von 72 bis 73° mit der wagerechten Linie macht, die er vor dem Magnetisiren bildete. Bringt man eine solche magnetische Nadel weiter nach Süden, so nimmt diese Neigung allmählig ab, und ihre Stellung wird in der Mitte der Erde wieder wagerecht, wie sie vor dem Magnetisiren war. Führt man sie dann noch weiter nach dem Südpole zu, so fängt ihr — Pol immer mehr und mehr sich an zu neigen; und könnte man eine solche Nadel bis an die beiden magnetischen Erdpole selbst bringen, so würde sie hier senkrecht emporstehen, und zwar am Südpole mit ihrem Nordpole, am Nordpole aber mit ihrem Südpole aufwärts. Inzwischen treffen die magnetischen Erdpole mit den Umwälzungspolen der Erde nicht genau zusammen, sondern fallen etwas seitwärts; der nördliche oder — M Pol liegt nämlich nordwärts von Amerika's östlichem Vorgebirge, der + M Pol hingegen in den ewigen Eisfeldern der Südsee. Daher kann auch der Erdäquator

d. h. diejenige Ebene, welche die Erde zwischen beiden Polen in zwei gleiche Hälften theilt, nicht einerlei mit dem magnetischen Aequator, d. h. mit derjenigen Ebene sein, in welcher die Magnetnadel völlig wagerecht hängt.

Wenn z. B. auf Taf. I. Fig. 30. ABCD die Erde, und A und B ihre Pole vorstellen, so muss CD ihr Aequator sein; und wenn a und b die magnetischen Pole sind, so muss c d der magnetische Aequater sein, welcher folglich den Erdäquator nur in zwei Punkten berührt, und auf der einen Seite der Erdkugel, in der Südsee, mehr nördlich, auf der anderen Seite, im Atlantischen Meere, aber mehr südlich als der Erdäquator fällt.

Das Instrument, womit man die Neigung des Magnets gegen den Horizont misst, heisst ein Neigungs- oder Inclinations-Compass. Wenn ein solches Instrument eine einigermaassen richtige Beobachtung gestatten soll, so muss es in der Richtung der Magnetnadel aufgehängt werden. Hängt man es so auf, dass seine Richtung einen rechten Winkel mit der Richtung des Magnets macht, so nimmt es eine perpendiculäre Stellung an.

Es ist klar, dass, wenn man eine Eisenstange vollkommen in die Richtung und Neigung des Magnets bringt, in ihrem untern Ende eine kleine Menge + M, im oberen Ende aber etwas — M sich ansammeln muss; wenn man daher ein längliches Stück weiches Eisen, z. B. einen Schlüssel, dem Nordpol einer Magnetnadel nähert, so wird dieser, so lange der Schlüssel eine horizontale Lage hat, nur angezogen. Stellt man den Schlüssel aber vertikal, so wird der Nordpol von dem oberen Ende angezogen und von dem unteren abgestossen. Dieses lässt sich mit dem nämlichen Ende bewerkstelligen, je nachdem man eins oder das andere aufwärts oder niederwärts hält. Reiben befördert diese Vertheilung und befestiget gleichsam die getheilten + und — M, wie die Anfertigung der künstlichen Magnete beweist. Reibt man daher eine in die Richtung des Magnets gebrachte Stahlstange mit einem andern Stücke Eisen, oder beklopft sie von oben nach unten schwach mit einem Hammer, so befördert und befestigt man die Zertheilung der magnetischen Materie und die Stange bleibt nachher magnetisch. Dieses Magnetisiren beruht also auf Reiben, unter Einfluss des Erdmagnetismus. Blosses Reiben kann

zwar ebenfalls bisweilen magnetisiren, aber schwächer, und es kommt dabei immer viel darauf an, sowohl das reibende, als das geriebene Stück Eisen, in die richtige Lage zu bringen.

Die Eigenschaft des Magnets, sich nach Norden und Süden zu wenden, lieferte uns ein unentbehrliches Hülfsmittel für Seereisen, den Compass. Dieser besteht aus einer magnetischen Nadel von gutem Stahl, die in der Mitte mit einer kleinen Messinghülse versehen ist, auf welcher sie ruht. Sie kehrt sich stets nach Norden und Süden, und zeigt dadurch den Seefahrern die Himmelsgegenden. Die beste Gestaltung einer Magnetnadel ist die Fig. 31. Taf. I. angegebene; nicht die gewöhnliche pfeilförmige. Den Nordpol kann man durch eine Farbe oder irgend ein anderes Merkmal bezeichnen. Diejenige Hälfte, welche — M erhalten soll, wird etwas schwerer gemacht, so dass sie nach dem Magnetisiren mit der positiven im Gleichgewicht bleibt. Am besten magnetisirt man sie auf die Weise, dass man zwei Magnetstäbe mit den ungleichnamigen Polen so zusammenlegt, dass sie gleichsam einen einzigen bilden; auf den Vereinigungspunkt beider Stäbe legt man nun den mittleren Theil der Nadel so auf, dass jedes Ende derselben auf einem der beiden Stäbe aufliegt, die man sodann, jeden besonders, langsam unter der Nadel wegzieht. Wenn man dieses Verfahren einige Male wiederholt, so wird die Nadel so stark magnetisirt, als sie es überhaupt werden kann.

Da die magnetischen Erdpole nicht genau in Norden und Süden fallen, die Magnetnadel aber stets nur nach diesen magnetischen Polen hinweist, so kann sie auch niemals genau nach Norden weisen, und diess nennt man die Abweichung oder Declination der Magnetnadel. Dieses Abweichen beruht aber nicht auf diesem Umstande allein; denn in diesem Falle würde sich dasselbe auf jeder beliebigen Stelle der Erdoberfläche sehr leicht bestimmen lassen. Vielmehr ist die Abweichung vielen und fast beständigen Veränderungen unterworfen. In Schweden z. B. zeigt die Magnetnadel mehrere Grade westlich, ungeachtet sie im Jahre 1666 richtig wies, und 1580 sogar mehrere Grade nach Osten abwich. Seitdem hat sie sich allmählig immer weiter nach Westen gewendet, geht aber jetzt seit August 1818 nach Osten zurück.

Ausserdem erleidet sie auch tägliche Veränderungen, so

dass sie des Morgens und Abends um 9 Uhr am wenigsten, und Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr am stärksten nach Westen zeigt. Die Ursache dieser Veränderungen scheint zu sein, dass, wenn die Sonne für den Meridian des magnetischen Pols aufgeht, die magnetische Kraft des letztern durch die Tageswärme vermindert wird und sich mehr nach dem kälteren westlichen Theile des Erdbodens hinbegiebt, bis sie Nachmittags durch allmählige Abkühlung nach und nach wieder an Stärke zunimmt, die sie auch dann die ganze Nacht hindurch unverändert beibehält. Deshalb ist die Magnetnadel auch einer kleinen Veränderung nach den Jahreszeiten unterworfen, indem sie im Sommer am wenigsten nach Westen abweicht.

Die allgemeine Abweichung der Magnetnadel ist so unregelmässig, dass sie nicht durch Berechnung gefunden werden kann, sondern durch direkte Versuche ausgemittelt werden muss; auch ist sie zuweilen, ohne Rücksicht auf die Lage der Pole, auf manchen Stellen des Erdbodens östlich, auf andern westlich, was nothwendig von einer stellenweise und unregelmässig vertheilten Ursache herrühren muss.

Coulomb hat gezeigt, dass alle Körper vom Magnete schwach afficirt werden; aber die feinsten Werkzeuge sind erforderlich, um es zu bemerken.

Hansteen hat eine magnetische Polarität aller Gegenstände auf der Oberfläche der Erde durch sehr sinnreiche Versuche bewiesen, indem er gefunden hat, dass die Magnetnadel nahe an der Erde auf der nördlichen Seite z. B. eines Baums, eines Pfahls, eine grössere Anzahl Schwingungen in einer bestimmten Zeit macht, als auf der südlichen Seite desselben, dass sie aber umgekehrt auf der südlichen Seite des oberen Endes des Pfahls oder des Baumes geschwinder schwingt, als auf der nördlichen, welches in diesen Gegenständen eine schwache magnetische Polarität anzeigt. Sie haben alle den Nordpol unten und den Südpol oben. Es ist folglich keinem Zweifel unterworfen, dass nicht jeder Theil des Erdbodens an der allgemeinen Vertheilung des Magnetismus Antheil nehme; allein durch unsere magnetischen Versuche wissen wir, dass dieselbe unendlich viele Male stärker in den Eisenerzen, dem Eisen und in eisenhaltigen Körpern ist, und die Erfahrung hat uns gelehrt, dass dieses Metall in grösserer oder geringerer

Menge einen Bestandtheil der Körper unsers Erdbodens ausmacht. Eine nothwendige Folge davon ist, dass die ungleiche Vertheilung dieses Metalls in der uralten inneren Masse der Erdkugel auch auf die Magnetnadel Einfluss haben und die Abweichung derselben, vielleicht auch ihre Neigung, verändern müsse, je nachdem die Erde in grösserer oder geringerer Entfernung nach Osten oder Westen zu, oder auch näher unter ihrer Oberfläche, reichhaltiger an diesem Metalle ist. Die jährlichen Veränderungen der Abweichung können von Veränderungen in der magnetischen Kraft der Erde herrühren, welche durch die in ihrem Innern fortwährend vor sich gehenden chemischen Prozesse verursacht werden. Hoffentlich wird mit der Zeit eine allgemeine und regelmässige Ursache von der langsamen Bewegung der magnetischen Pole um die Erdpole herum aufgefunden werden.

Man hat mehrere Versuche gemacht, um zu zeigen, dass die magnetische Polarität chemische Wirkungen hervorbringe. Alle diejenigen, welche dabei eine Zersetzung des Wassers zu beobachten glaubten, haben sich getäuscht. Hansteen und Maschmann haben Silberauflösungen durch Quecksilber in heberförmigen Röhren reducirt, und haben dabei immer gefunden, dass, wenn die Schenkel der Röhre in dem magnetischen Meridian standen, das Silber im nördlichen Schenkel immer in grösserer Menge und in vollkommener gebildeten Krystallen anschoss, als im südlichen, wo es zugleich mit Quecksilbersalz vermischt war. Stellte man die Schenkel der Röhre nach O. und W., so ging die Reduction weit langsamer, und das reducirte Metall stand in beiden Schenkeln gleich hoch. Die nämlichen Wirkungen liessen sich durch künstliche Magnete hervorbringen, wobei sich das Silber stets in weit grösserer Menge über dem Südpol des Magnets ausschied. Murray hat ähnliche Versuche angestellt, indem er Eisendräthe in schwache Silberauflösungen eintauchte. So lange der Eisendrath nicht polarisch war, wurde kein Silber reducirt, sobald man aber einen Magnet in die Nachbarschaft legte, fand die Reduction sogleich statt. Vorher magnetisirter Stahl, sogar wenn er mit Firniss überzogen war, bewirkte die Reduction sogleich. Murray fand sie aber am Nordpol des Magnets am stärksten, was gegen Hansteen's und Maschmann's Erfahrung ist.

Wenn

Wenn man, nach Lüdecke, über die beiden Pole eines hufeisenförmigen Magnets ein gläsernes Gefäss stellt, welches eine Auflösung von einem Salze, z. B. essigsaurem Blei, Chlorammonium oder schwefelsaurem Eisenoxydul, enthält, die so concentrirt ist, dass sie nach einigen Stunden zu krystallisiren anfängt, so findet man, nachdem das Salz krystallisirt ist, dass die Krystalle einen reinen runden Fleck zwischen den beiden Polen, wo die magnetische Kraft am stärksten wirkt, leer lassen, übrigens aber die ganze Fläche des Bodens gleichförmig bedecken. Inzwischen sind alle diese Angaben keineswegs als so hinreichend constatirt zu betrachten, dass sie keinen Zweifel mehr gestatteten.

Zusammenhang der elektrischen und magnetischen Kräfte. Elektromagnetismus.

Wir haben bisher die elektrischen und magnetischen Erscheinungen, als von verschiedenen Grundkräften hervorgebracht, betrachtet. Wir werden nun sehen, dass sie nur verschiedene Aeusserungen der nämlichen Grundkraft sind.

Es war dem dänischen Naturforscher Oersted vorbehalten, diese Entdeckung im Jahre 1820 zu machen. Man hatte wohl vor ihm einen Einfluss der EE auf die Magnetnadel beobachtet, aber die Umstände, unter welchen er hervorgebracht wurde, blieben unbekannt. Wilke hatte z. B. durch elektrische Schläge Stahlnadeln magnetisch gemacht. Mojon in Genua und Romagnesi in Trident hatten Wirkungen auf die Magnetnadel wahrgenommen, welche durch die el. Säule hervorgebracht waren; diese waren immer so unbestimmt, dass sie keine Aufmerksamkeit erregten.

Oersted zeigte nun, dass ein Körper, durch welchen die EE sich entladen, magnetisch wird und eine magnetische Polarität bekommt, die mit der Richtung des elektrischen Stroms rechtwinklig ist, und zwar so, dass, wenn die Magnetnadel sich über dem entladenden Körper befindet, der Nordpol links von der Richtung der + E abgelenkt wird, indem er sich unter dem Leiter in umgekehrter Ordnung rechts dreht. Alle Körper, welche die Eigenschaft haben, die EE zu leiten, können auf diese Weise magnetisch werden, so lange die EE sich durch sie entladen.

Die Entdeckung Oersted's wurde bald von einer grossen

Anzahl Gelehrten geprüft, bestätigt und erweitert. Ampère, Arago, Seebeck, Prechtl, Schweigger, Poggendorff u. m. haben wichtige Beiträge dazu geliefert.

Man hat gefunden, dass, zur Hervorbringung der elektromagnetischen Erscheinungen, nur ein einziges elektrisches Paar, oder was man die einfache elektrische Kette nennt, nöthig ist. Die elektromagnetische Polarität wird also auch in dem Leiter hervorgebracht, durch welchen die elektricitäterregende Berührung der Metalle entsteht. Es folgt daraus, dass die Berührung zweier Metalle mit einander nicht nur das Gleichgewicht der Elektricität, sondern auch das des Magnetismus aufhebt. Je grösser das elektrische Paar ist, d. h. je grösser die Quantität der EE ist, desto ausgezeichneter werden die magnetischen Erscheinungen. Die Anzahl der Paare, d. h. eine grössere Intensität des elektrischen Zustandes, vermehrt nicht die magnetische Polarität des entladenden Körpers. Vielmehr hat man beobachtet, dass mehrere zusammengesetzte Paare eine schwächere Wirkung hervorbringen, als wenn ein einziges angewandt wird. Die Ursache davon ist nicht, dass die höhere Intensität hinderlich wirkt, sondern weil die Dazwischenkunft mehrerer Schichten des feuchten Leiters die Wirkung der ganzen Menge EE nicht erlaubt.

Wenn man sich einmal der einfachen und das andere Mal der zusammengesetzten Kette bedient, so muss man sich erinnern, dass die Kupferseite der letzten negativ ist, weil hier Kupfer und Zink liegen, da hingegen diese bei der ersten positiv ist, wie man leicht einsieht.

Die Verschiedenheit in der Stellung der Magnetnadel, nachdem sie sich über oder unter dem magnetischen Leiter befindet, rührt von einer Eigenthümlichkeit in der elektrischen Polarität des elektrischen Leiters her, von der man eine richtige Vorstellung bekommt, wenn man annimmt, dass die Oberfläche des Leiters mit einem Kreise von kleinen Magneten, die mit ungleichnamigen Polen zusammenliegen, transversal umgeben wäre, ungefähr wie Fig. 32. Taf. I. dieses darstellt. Der Kreis A stellt den transversalen Durchschnitt eines Metalldraths vor, welcher die el. Säule entladet.

Stellt man sich nun vor, dass eine, wie die Inclinations-Nadel aufgehängte, kleine Magnetnadel dem Leiter in einer transversalen Richtung genähert werde, so nimmt die Nadel

gerade die Stellungen an, welche von den kleinen Magneten angezeigt werden, wobei aber die Pole der Magnetnadel, wie die Pfeile in der Figur anzeigen, gegen die des Leiters umgekehrt sind, aus Ursachen, die man leicht einsehen kann. Dieser Kreis von kleinen Magneten ist aber nicht als eine wirkliche Erklärung anzusehen, sondern er ist nur als ein Schema zu betrachten, nach welchem man die Richtung der magnetischen Kräfte verstehen kann.

Ampère entdeckte, dass Körper, welche die EE ausladen, wenn der elektrische Strom, d. h. z. B. die positive E, nach einerlei Richtung geht, einander anziehen, wie Magnete, welche mit ungleichnamigen Polen einander genähert werden; im umgekehrten Fall aber stossen sie einander ab. Die Ursache davon wird durch Ansicht der auf der ersten Kupfertafel dargestellten Figuren 33 und 34 sogleich einleuchten. Wenn die EE in zwei neben einander liegenden Metalldräthen, wovon A und B transversale Durchschnitte vorstellen, einerlei Richtung haben, so haben die magnetischen Pole in nebenliegenden Seiten entgegengesetzte Richtungen, und ziehen daher einander mit ungleichnamigen Polen an. Bei umgekehrter Richtung der EE müssen sie daher einander mit gleichnamigen Polen abstossen.

Die so magnetisch gewordenen Dräthe ziehen Eisenfeilspäne an, und behalten sie festsitzend, so lange die el. Entladung dauert, sie fallen aber plötzlich ab, wenn diese abgebrochen wird.

Stahlnadeln, die in einer transversalen Richtung dem Leiter nahe gehalten werden, nehmen dadurch eine bleibende magnetische Polarität an, welche der Richtung der magnetischen Polarität des an dem Leiter angenommenen magnetischen Kreises entgegengesetzt ist.

Alle die durch Entladung der el. Säule hervorgebrachten elektromagnetischen Wirkungen lassen sich auch durch Frictions-Elektricität zuwege bringen. Da aber der beständige Strom von einer noch so grossen Elektrisirmaschine nur eine unbedeutende Menge EE in jedem Augenblick hervorbringt, so wird er, bei einer fortfahrenden Ableitung, nicht leicht auf die Magnetnadel eine Wirkung hervorbringen können. Auch der el. Schlag setzt nicht die Magnetnadel in Bewegung, weil die Entladung ein so kleines Zeitmoment braucht, dass die Träg-

Digitized by Google

heit der Nadel nicht Zeit hat, überwunden zu werden. Dagegen kann man durch jeden Funken, durch jeden el. Schlag, Stahlnadeln und Stahlstäbe magnetisiren, nach den nämlichen Gesetzen, welche bei der Entladung der Säule statt finden. Diese magnetische Polarität des el. Schlags erklärt Erscheinungen, die man schon lange gekannt hat, ohne die Ursache davon zu wissen; dass z. B., wenn der Blitz in ein Schiff hineinschlägt, der Compass oft verändert, sogar seine Pole umgekehrt werden, und wenn er nun auf verschiedene Stellen des Verdecks gestellt wird, Nord nach verschiedenen Richtungen zeigt. Der Blitzschlag giebt nämlich allem Eisen im Schiffe eine magnetische Polarität, die sich nach der des Blitzes richtet und auf die Polarität der Magnetnadel einwirkt.

Ampère und Arago fanden, dass ein in Spiralform, d. h. in einer Schraubenlinie, gewundener Metalldrath, durch welchen man die el. Entladung leitet, ein Magnet wird, der dem gewöhnlichen künstlichen Magnet in allen seinen Eigenschaften vollkommen ähnlich ist. Er hat an jedem Ende einen Pol, und die Lage des +M und —M darin hängt, nach den oben angeführten Regeln, ganz von der Richtung der EE ab; daher in zwei Spiralen, bei einerlei Richtung der EE, die Polarität umgekehrt ist, wenn die eine rechts und die andere links gewunden ist, wie man leicht einsehen kann. Zugleich werden die elektromagnetischen Erscheinungen in einer Spirale sehr verstärkt ausfallen, so dass, was der gerade Leiter nicht vermochte, von der Spirale mit Leichtigkeit hervorgebracht wird. Legt man z. B. eine Stahlnadel in eine gläserne Röhre, und stellt diese Röhre in eine ausladende Spirale, so wird die Nadel magnetisch, und ihre Polarität wird mit der Anzahl der Windungen wachsen. An der Aussenseite der Spirale wird die Nadel lange nicht die magnetische Polarität erreichen, wie im Innern derselben. Auch ist die Polarität, welche die Nadel auf der äussern Seite bekommt, umgekehrt gegen die, welche sie an der innern erhält; alles aus Ursachen, die nach kurzem Nachdenken leicht aufzufinden sind. Die Eigenschaft der Spirale, die elektromagnetischen Wirkungen zu verstärken, hängt davon ab, dass die einander entgegengesetzten Theile jedes Gewindes die EE in entgegengesetzte Richtung führen, wodurch in der Mitte des Gewindes eine gleichnamige Polarität von allen Theilen her zu-

sammenstösst und concentrirt wird, wie es aus der kleinen Figur 34. Taf. I. erhellet, wo A und B transversale Durchschnitte des Drathes sind, und wobei z. B. die + E in A weggeht und in B zurückkehrt. Wenn nun die verstärkte Polarität von einem Gewinde sich zu der 2ten, 3ten u. s. w. addirt, so sieht man leicht ein, wie die magnetische Polarität wachsen muss. Die magnetische Kraft der Spirale ist grösser, je nachdem die Anzahl der Gewinde im Verhältniss zum Durchmesser jedes Gewindes grösser ist.

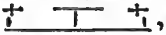
De la Rive befestigte zwei kleine Scheiben von Zink und Kupfer neben einander auf einem Stück Kork, und verband sie oberhalb des Korkes mit einer Spirale von Messingdrath. Wenn er dann diese Vorrichtung in eine saure Flüssigkeit, mit den Metallscheiben unterwärts, eintauchte, so stellte sie sich mit dem magnetischen Meridiane rechtwinklig, in Folge der magnetischen Polarität der Spirale.

Schweigger und Poggendorff haben ein sehr interessantes Instrument erfunden, welches man den elektromagnetischen Multiplicator nennt, vermittelst dessen man auch die geringsten Spuren von Contacts-Elektricität auf die Magnetnadel bemerklich machen kann, und welches uns in den Stand setzt, elektrische Wirkungen, die sonst unmerklich sind, zu entdecken und zu messen, oder wenigstens zu vergleichen. Man nimmt einen gewöhnlichen Messingdrath, lässt ihn mit Seide umspinnen, so dass die EE sich nicht seitwärts mittheilen können, und windet ihn nun 50, 100, 200mal über die Hand; aus jemehr Windungen er besteht, um so besser wirkt er. Die Gewinde werden durch seidene Bänder in ihrer Lage zusammengehalten und die beiden Enden frei gelassen. Man hat dann eine ovale Figur, in welcher die EE jedes Gewinde durchlaufen müssen, wenn man sich derselben bedient, um die elektrische Kette damit zu schliessen, und wo jedes Gewinde seine Polarität zu der Polarität des andern addirt, so dass die Polarität im ganzen Multiplicator der aller Gewinde gleich ist. Setzt man dann eine leicht bewegliche Magnetnadel auf ein passendes Gestell, in die Mitte des ovalen Multiplicators, und verbindet nachher die beiden Enden desselben, jedes mit seinem Metall, so dreht sich die Magnetnadel augenblicklich so, dass sie, nach einigen Schwingungen, mit der

Ovale rechtwinklig steht, von deren magnetischer Achse die Einwirkung des Erdmagnetismus überwunden wird. Wenn der Multiplicator 60 bis 100 Gewinde hat, so kann man Wirkungen von Zink- und Kupferscheiben, deren Seiten nicht ½ Zoll Länge haben und welche mit an der Zunge befeuchtetem Löschpapier verbunden sind, auf die Magnetnadel hervorbringen. Man stellt dann den Multiplicator mit dem magnetischen Meridian parallel, und im Augenblicke, wenn die Kette geschlossen wird, dreht sich die Magnetnadel mehrere Grade östlich oder westlich. Man hat dieses Instrument bis zu einem solchen Grade von Empfindlichkeit gebracht, dass es darin alle übrigen zur Entdeckung von Berührungs-Elektricität angewandten Instrumente übertrifft. Seine Anwendungsweise gehört aber eigentlich in das Gebiet der Physik. — Auch die durch Reiben erregte Elektricität kann auf gleiche Weise auf die Magnetnadel wirken; nur muss dazu der umsponnene Drath des Multiplicators viel dicker sein, mehr Windungen, z. B. 200 bis 500, haben, und die Windungen unter einander, z. B. durch Wachstafft, gut isolirt sein. Eine darin aufgestellte Magnetnadel giebt sowohl die von einer Elektrisirmaschine ausströmende, als auch die Elektricität der Atmosphäre zu erkennen, wenn das eine Ende des Multiplicators mit der Erde verbunden, und das andere isolirt hoch in die Atmosphäre hinaufgeführt wird.

Sturgeon hat eine Methode entdeckt, wodurch die durch Elektricität erregte magnetische Polarität bis zu einem erstaunlichen Grade verstärkt werden kann. Man lässt ein Stück Eisen von 20 bis 30 Zoll Länge und ¾ bis 1 Zoll Durchschnitt in Gestalt eines Hufeisenmagnets biegen. Man umwindet es alsdann mit einem dicken, mit Seide umsponnenen Messingdrath, so dass es von dem einen Ende bis zum anderen in einer Spirale eingeschlossen ist. Wird durch diese Spirale ein elektrischer Strom geleitet, so wird das Eisen magnetisch, und ein daran hängender Anker kann dann leicht 100 Pfund und darüber tragen. Diese Polarität hört bei Unterbrechung des elektrischen Stromes auf; das Eisen behält wohl eine Polarität, die aber bald wieder verschwindet. Die magnetische Polarität wird zwar durch zunehmende Grösse des elektrischen Paares vermehrt, allein in einem sehr geringen Verhältniss zur Zunahme der Grösse vom Paare.

Dagegen wird sie durch Zunahme der Dimensionen in der Masse des Eisens bedeutend vermehrt. Auch nimmt sie auf eine bewundernswerthe Art zu, wenn man den um das Eisen gewundenen Drath, statt ihn aus einer Spirale bestehen zu lassen, in mehrere zertheilt, indem man z. B. das Eisen in einer Strecke von $1\frac{1}{2}$ Zoll umwindet, darauf eine gleich lange neue Spirale folgen lässt, und so fortfährt. Die zuführenden Enden der einzelnen Spirale vereinigt man dann in ein einziges, und eben so alle wegführenden Enden, und lässt nun den elektrischen Strom sich durch alle Spirale auf einmal vertheilen. Mit einem einzigen Paare von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Fläche gelang es, dem Anker des Eisenmagnets Lasten von mehr als 100 Pfund tragen zu lassen, und vermittelst grösserer Paare Lasten von mehreren hundert Pfunden. Andere Metalle als Eisen werden auf diese Weise nicht mehr magnetisch, als was eine Folge der Polarität des elektrischen Stromes ist. Stahl wird weniger stark polarisch, behält aber die erhaltene Polarität. Die Ursache der verstärkten elektromagnetischen Polarität im Eisen, bei einer solchen Vorrichtung, möchte wohl noch nicht genügend anzugeben sein, und steht ohne Zweifel mit der Frage im Zusammenhang, was den Unterschied begründet zwischen der beständigen Polarität des Magnets und der vorübergehenden magnetischen Polarität, wie sie die Körper durch den elektrischen Strom erhalten.

Die platte oder federförmige Spirale zeigt natürlicher Weise nur unbedeutend verstärkte Wirkungen. Wenn man eine Stahlnadel quer darüber legt, ohne dass sie jedoch die Spirale berühren kann, so wird diese Nadel auch polarisch, aber die Enden erhalten beide den nämlichen Pol, und die entsprechenden Pole liegen in der Mitte zusammen, wie folgende Linie zeigt , ganz wie wenn man eine Nadel zwischen den Gewinden einer Schraubenspirale magnetisiren wollte. Um die Ursache einzusehen, ist ein Blick auf das obenangeführte Schema hinreichend.

Die, nächst der Oersted'schen merkwürdigste Entdeckung in diesem Gebiet ist gewiss die von dem englischen Chemiker Faraday entdeckte elektromagnetische Bewegung. Derselbe hat durch Versuche ausgemittelt, dass die elektromagnetische Polarität davon abhängt, dass sie in dem einen Pole des Magnets ein Streben hervorbringt, unaufhaltsam um den elektr.

Strom rechts hin zu laufen, während der andere, in umgekehrter Richtung, links sich zu bewegen strebt. Da also beide mit gleicher Kraft zu entgegengesetzten Punkten hinstreben, muss die Achse der Polarisation der Nadel sich rechtwinklig gegen den elektr. Strom stellen. Wenn der entladende Metalldrath, statt in horizontaler Richtung zwischen den Polen der Säule angebracht zu werden, von oben nach unten geleitet wird, wo er sich endlich in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäss endigt, in welchem ein zweiter Drath die EE zum andern Pole leitet, und wenn ein leichter Magnet, z. B. eine magnetische Nähnadel, am einen Ende mit Platindrath so beschwert wird, dass sie etwas in's Quecksilber hineinsinkt und eine vertikale Stellung annimmt, während dass sie einen Pol aufwärts wendet, so fängt dieser Magnet an, sobald die Entladung der Säule durch den vertikalen Drath geschicht, um diesen sich kreisförmig zu bewegen. Diese Bewegung fährt so lange fort, als noch eine elektr. Entladung statt findet. Kommt die + E von oben, und ist der aufwärts gerichtete Pol der Nadel Nordpol, so geht sie von der rechten zur linken Seite. Wird der Pol der Nadel oder die Richtung der Elektricität im entladenden Drath verändert, so kreist die Nadel von der linken zur rechten Seite hin. Ist der Magnet unbeweglich im Quecksilber befestigt, der Drath dagegen beweglich, so kreist dieser nach denselben Gesetzen rund um den Magnet. Man kann diese Erscheinung darstellen, wenn man am Ende eines horizontal gelegten, breiten oder platten Magnetstahls, ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäss von Glas oder Porzellan stellt, von welchem ein Metalldrath zu einem Metalle der einfachen elektr. Kette geleitet wird, während dass der Leiter vom andern Metalle sich mit einer Oehse, einige Zoll über dem Quecksilbergefäss, endigt. In diese Oehse hängt man einen Platindrath, welcher in's Quecksilber hineinreicht, der aber am untern Ende mit einem kleinen Stück Kork versehen ist, um das tiefere Eindringen in's Quecksilber zu verhüten. Sobald die elektrische Kette geschlossen ist, bewegt sich dieser Drath um den Polpunkt des Magnets, welcher nicht am äussersten Ende des Stahls, sondern etwas nach innen zu gelegen ist. Diese Bewegung fährt fort, so lange die EE den Drath durchströmen. In diesem Versuch ist die Richtung der Bewegung des Drathes nicht ein Kreis um die polarische Achse

des Magnets, sondern er geht in einer solchen Richtung um den Pol herum, dass er diese Achse schneidet. — Um die elektromagnetische Bewegung noch einfacher darzustellen, nimmt man, wie Fig. 35. zeigt, eine 4 Zoll lange gläserne Röhre, welche einen halben Zoll im Durchmesser hat, und verstopft die beiden Enden mit Kork. Durch den einen Pfropfen wird ein eiserner Drath so geleitet, dass er an beiden Seiten über dem Pfropfen einen Zoll hervorragt, worauf dieses Ende unterwärts gewendet und Quecksilber in die Röhre so hoch hineingegossen wird, dass der Eisendrath nur mit der Spitze daraus hervorragt. Durch den obern Pfropfen wird ein Metalldrath gesteckt, welcher sich innerhalb der Röhre mit einer Oehse endigt, in welche ein Platindrath, der bis an's Quecksilber reicht, gehängt wird. Verbindet man jetzt den unteren Drath mit dem einen Metall der elektr. Kette, und den obern mit dem andern, so entladen sich die EE durch die Verbindung zwischen dem Quecksilber und dem beweglichen Drath in der Röhre. Wenn man darauf den Pol eines starken Magnets gegen das äussere Ende des unteren eisernen Draths setzt, so wird dieser polarisch und der im Innern der Röhre aufgehängte Drath fängt an, um das Ende des Eisendraths sich kreisförmig zu bewegen. Vertauscht man die Pole des Magnets, so kehrt der Drath um und bewegt sich in entgegengesetzter Richtung. Es gelang Faraday durch passende Vorrichtungen den entladenden Drath durch den Einfluss der magnetischen Polarität der Erde zu kreisförmigen Bewegungen zu bringen, wo er dann immer Kreise beschreibt, deren Ebene gegen die Linie, durch welche die Neigung der Magnetnadel ausgedrückt wird, rechtwinklig ist.

Zu den Versuchen mit der elektromagnetischen Bewegung braucht man eine kräftige Kette; man bedient sich daher am liebsten dazu eines sehr grossen Paares, das nach Art des Hare'schen Calorimotors eingerichtet ist.

Auch wird die Bewegung der Dräthe erleichtert, wenn die Oberfläche des Quecksilbers mit etwas Salpetersäure befeuchtet wird, um die Oxydhaut fortzuschaffen, womit es oft überzogen ist, und welche die Rotation hindert. Man hat das Princip dieser Bewegung auf verschiedene Arten angewendet, deren Beschreibung indessen ganz in das Gebiet der Physik gehört.

Humphry Davy hat eine Bewegung entdeckt, die von der Elektricität allein hervorgebracht wird, auf welche indessen der Magnet einen grossen Einfluss äussert. Durch den Boden eines Glasgefässes führte er in einer Entfernung von 3 Zoll von einander 2 Kupferdräthe von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser, die, ausser ihren sehr gut polirten Spitzen, ganz mit Wachs überzogen waren. Hierauf wurde Quecksilber in das Glas gegossen, so dass es $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll über den Enden der Dräthe stand. Wurde ein sehr grosses und kräftiges elektrisches Paar durch diese Dräthe entladen, so erhöhte sich das Quecksilber über den Enden der Dräthe und bildete Kegel von $\frac{1}{12}$ oder höchstens $\frac{1}{10}$ Zoll Höhe, von deren Spitze aus nach allen Richtungen Wellen flossen, so dass nur der Punkt, wo sich diese begegneten, in Ruhe blieb. Wurde der Pol eines Magnets, in einem Abstande von einigen Zollen, über einen dieser Kegel geführt, so verkleinerte sich dieser, wurde breiter, und die Undulation nahm ab. Kam der Magnet noch näher, so wurde die Fläche des Quecksilbers eben, und es fing an, um den Magnet zu rotiren, was in dem Grade an Schnelligkeit zunahm, je mehr der Magnet genähert ward; und wurde der Magnetpol ganz nahe an die Oberfläche des Quecksilbers gebracht, so entstand auf derselben Stelle, wo der Kegel war, eine rotirende Vertiefung. Dass diese Bewegung nicht durch die Erwärmung verursacht wurde, die durch die elektrische Entladung entstehen konnte, wurde durch besondere Versuche ausgemittelt. Als der Versuch mit geschmolzenem Zinn, statt des Quecksilbers, gemacht wurde, so zeigten sich dieselben Erscheinungen. So lange man den Magnet nicht anwendete, konnte keine Rotation bemerkt werden, und kleine Stücke Eisendraths, die um und auf den Kegel gelegt wurden, drehten sich stets rechtwinklig gegen die Linie, welche beide Kupferdräthe verband, lagen übrigens unbeweglich, selbst auf der Spitze des Kegels. Da bei diesem Versuche die Bewegung über beiden Dräthen dieselbe ist, so ist diess ein neuer Beweis für das Vorhandensein zweier Elektricitäten, wovon man, besonders in England, sich noch nicht überzeugt hatte.

Oersted erklärt die elektromagnetischen Erscheinungen durch eine in entgegengesetzter Richtung statt findende, schraubenförmige Bewegung der beiden EE. Die + E windet sich rechts und stösst den Nordpol der Nadel ab, indem die Win-

dungen der — E links gehen und den Südpol der Nadel zurückstossen. Obgleich es in der That schwer ist, einzusehen, warum die EE ihren Weg so verlängern sollten, so muss man doch gestehen, dass Oersted's Hypothese sowohl die Richtungen erklärt, in welchen die elektromagnetische Polarität wirkt, als auch die Bewegungen, die dadurch hervorgebracht werden, und welche, als Oersted diese Ansicht aufstellte, noch nicht entdeckt waren.

Die vollkommene Uebereinstimmung der magnetischen Polarität in der elektromagnetischen Spirale, mit der unserer gewöhnlichen Magnetstäbe, hat Ampère zu der Vermuthung veranlasst, dass die Polarität der letzteren auch von elektrischen Strömen, die mit der Polarisationsachse rechte Winkel machen, herrühren könnte. Auch die Polarität der Erde wäre nach dieser Ansicht eine Folge von dergleichen elektrischen Strömungen, welche, durch einen von den Strahlen der Sonne erregten elektr. Strom von Osten nach Westen, entstehen würden. Natürlicherweise können solche Muthmaassungen, sie mögen noch so wahrscheinlich sein, nicht eher angenommen werden, als man gültige Beweise dafür gefunden hat.

Der magnetische Zustand eines, Elektricität entladenden, Leiters hat uns in den Stand gesetzt, elektrische Ströme in Fällen zu entdecken, in denen man, ohne dieses Hülfsmittel, nie etwas von ihnen bemerkt haben würde. Seebeck entdeckte, mit Hülfe desselben, dass in Metallen, welche sich an zwei, von einander entfernten, Stellen berühren, von denen die eine erhitzt wird, ein elektrischer Strom entstehe, welcher die Metalle mit vollkommen derselben Art Polarität, wie bei Entladung des elektrischen Paares, magnetisch macht. Um diese elektrischen Phänomene von einander unterscheiden zu können, nennen wir, nach Oersted's Vorschlag, die längst bekannten hydroelektrische, und die von Seebeck entdeckten thermoelektrische. Die einfachste Weise, thermoelektrische Erscheinungen hervorzubringen, ist, wenn man von Wismuth oder Antimon eine Stange, von z. B. 8 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke, giesst, und dann die Enden mit einem möglichst dicken Messingdrathe umwindet, dessen Enden 4 bis 5mal um die Enden der Stange gewunden werden, und dessen übriger Theil so gebogen wird, dass das Ganze ein Rectangel bildet, wovon 3 Seiten vom Drathe und die 4te

von der Stange gebildet wird. Uebrigens beruht nichts Wesentliches auf der Form des Apparates. Wird nun das eine Ende der Stange an der Stelle erhitzt, wo sie mit dem Messingdrathe umwunden ist, so wird das ganze Rectangel magnetisch und stellt eine darunter gehaltene Magnetnadel fast rechtwinklig gegen die Direction des Metalles. Statt den Messingdrath um die Stange zu winden, kann man beim Giessen in jedes Ende der Stange das Ende eines Bügels von Messing- oder Kupferblech einschmelzen. — Die Metalle folgen, in den thermoelektrischen Versuchen, nach ganz anderen elektrischen Beziehungen auf einander, als in den hydroelektrischen, bei welchen letzteren ihre chemischen Eigenschaften ihr Verhalten zu bestimmen scheinen. Seebeck leitet diess davon ab, dass in letzteren alle Phänomene durch die elektrische Beziehung des Metalles zur Flüssigkeit, die hier mitwirkend ist, bestimmt werden, wogegen die thermoelektrischen Phänomene einzig und allein von dem den Metallen eigenen elektrischen Verhalten herrühren. Indessen ist diese Erklärung nicht ganz hinreichend, da, bei den bekannten Versuchen mit der Contacts-Elektricität zwischen zwei Metallen, keine Flüssigkeit mitwirkt, welche die hydroelektrische Beziehung bestimmt. Bei den thermoelektrischen Versuchen scheint die verschiedene Leichtigkeit, mit der sich die Wärme nach beiden Seiten von der erwärmten Stelle aus mittheilt, die Hauptursache der elektrischmagnetischen Phänomene zu sein, und da verschiedene Metalle dabei stets auf eine bestimmte Art verschieden wirken, so müssen auch dadurch bestimmte Verschiedenheiten in der Richtung des elektrischen Stromes bei jedem einzelnen Metalle entstehen.

Stellt man die Metalle nach der verschiedenen Direction, welche sie der Magnetnadel in der thermoelektrischen Reihe geben, in einer Reihe auf, so bilden Wismuth und Antimon die beiden entgegengesetzten Enden, auf die Weise, dass Wismuth mit allen Metallen, welche damit zu einer thermoelektrischen Kette verbunden werden, den Nordpol einer unter das Wismuth gestellten Magnetnadel nach Westen dreht, während Antimon unter gleichen Umständen denselben nach Osten wendet. Wird die Magnetnadel darüber gestellt, so werden natürlicher Weise die Richtungen umgekehrt. In der thermo-

elektrischen Reihe folgen die gewöhnlicheren Metalle in folgender Ordnung auf einander:

Wismuth	Kupfer
Quecksilber, Nickel	Iridium, Osmium
Platin	Silber
Palladium	Zink
Kobalt, Mangan	(Graphit)
Zinn	Eisen
Blei	Arsenik
(Messing)	Tellur
Rhodium	Antimon.
Gold.	

Diese Reihe ist so zu verstehen, dass ein jedes dieser Metalle mit denen, welche über ihm stehen, dem Nordpole einer Magnetnadel, die bei diesem thermoelektrischen Zustande unter dieselben gestellt wird, eine westliche, und mit denen, welche unter ihm stehen, eine östliche Abweichung giebt.

Oersted und Fourier haben gezeigt, dass, wenn man zwei gebogene Metallstangen, z. B. von Antimon und Kupfer, an ihren Enden zu einem Rectangel, einer Ellipse oder einem Zirkel zusammenlöthet, und dann von mehreren gleich dicken, aber kurzen, wechselsweise zusammengelötheten Stangen von denselben Metallen eine ähnlich gebildete und gleich grosse Figur macht, beide gleich stark magnetisch werden, wenn bei ersterer die eine der Verbindungsstellen, und bei der anderen immer die zweite Löthung erwärmt wird. Hieraus scheint hervorzugehen, dass die Anzahl der Paare auf die Zunahme der Stärke des elektrischen Stromes keinen Einfluss habe; die magnetischen Phänome werden aber um so schwächer, je weniger Vereinigungspunkte an der aus mehreren Abwechselungen bestehenden Figur erwärmt werden. Wenn man die eine Verbindung an einem thermoelektrischen Paare öffnet, und die getrennten Enden mit den Enden eines Multiplicators verbindet, so werden die elektromagnetischen Phänomene wenig bemerkbar darin, weil der darin erregte elektrische Strom eine zu geringe Intensität hat, um den langen und schmalen Drath des Multiplicators durchlaufen zu können; stellt man aber denselben Versuch mit dem Apparate an, der aus mehreren abwechselnd zusammengelötheten Metallstücken besteht, so wird

die Polarität im Multiplicator um so stärker, je mehr Juncturen erhitzt, d. h. je mehr thermoelektrische Paare in Wirksamkeit gesetzt werden. Diess zeigt, dass hier, ähnlich wie bei den hydroelektrischen Erscheinungen, die Anzahl der Paare die Menge der Elektricität nicht in demselben Verhältnisse vermehrt, wie die Intensität durch ihr Bestreben, sich in Gleichgewicht zu setzen.

Nobili hat eine Vorrichtung erfunden, die aus vielen (10 bis 50) solcher thermoelektrischer Paare von Antimon und Wismuth besteht, so gebogen, dass je die zweite Inctur in eine Büchse zu liegen kommt, worin sie, um in einer gleichen und nur langsam sich ändernden Temperatur erhalten zu werden, mit Harz umgossen werden, während die zwischen liegenden Juncturen frei hervorstehend bleiben und den Temperatur-Veränderungen ausgesetzt sind. Werden die Enden der äussersten Paare mit einem sehr empfindlichen elektromagnetischen Multiplicator verbunden, so wird der Apparat elektrisch und die Magnetnadel weicht bei so kleinen durch Abkühlung oder Erwärmung bewirkten Temperatur-Veränderungen ab, wie sie von keinem anderen Instrument angezeigt werden. Diese Vorrichtung ist daher das empfindlichste Thermoskop und übertrifft bei weitem selbst das Luftthermometer *).

Zur Hervorbringung der thermoelektrischen Erscheinungen bedarf es nicht einmal zweier verschiedener Metalle; die Bedingung zu ihrer Erregung kann von einem einzigen, durch stellenweise vorhandene Ungleichheiten in seiner Textur und seinem Zusammenhang, erfüllt werden. Seebeck goss Ringe von Antimon, von Wismuth und von Zink, bei deren Festwerden gewisse Theile schneller abgekühlt wurden, als andere, und dadurch eine dichte oder feinkörnige Textur erhielten, während dagegen der langsamer erkaltete Theil krystallinisch wurde. Wurden diese Ringe an irgend einem der Berührungspunkte der ungleich beschaffenen Theile erwärmt, so wurde der Ring magnetisch, wobei sich der körnige Theil gegen den krystallinischen wie ein fremdes Metall verhielt.

---

*) Nobili stellt dasselbe, um es für noch geringere Temperaturwechsel empfindlich zu machen, in den Brennpunkt eines concaven Metallspiegels.

Becquerel hat gezeigt, dass, wenn das eine Endstück des elektromagnetischen Multiplicators erhitzt, und während es noch glühend ist, mit dem kalten Ende berührt wird, eine in den Multiplicator gestellte Magnetnadel in Bewegung gesetzt werde. Dieser Versuch glückt sehr leicht, und um so besser, je dicker der Drath des Multiplicators ist. Ist er dünn, so kann man die Enden zusammenbiegen oder zu einem dichten Spiral aufwickeln, um mehr Metallmasse zu gewinnen. Werden die Enden des Multiplicators zusammengelöthet, oder geschieht die Erhitzung weit vom Contactspunkte, so werden keine magnetische Phänomene bemerkbar, berührt man aber dann den Drath in der Nähe der erhitzten Stelle mit einem grösseren und kalten Stücke desselben Metalls, so sieht man aus der Bewegung der Magnetnadel, dass ein elektrischer Strom entsteht. Diess beweist, besser als ein anderer Versuch, dass die Bedingung zur Erregung des elektrischen Stromes nicht allein in Erhitzung eines Punktes, sondern auch darin besteht, dass die Wärme auf der einen Seite dieses Punktes schneller abgeleitet wird und nicht gleichmässig nach beiden Seiten strömt, wodurch gleichbeschaffene elektrische Ströme in entgegengesetzter Richtung entstehen und einander aufheben würden. Diese Ungleichheiten in Ableitung der Wärme entstehen durch den grossen Unterschied in der Temperatur, wenn das kalte Ende des Multiplicators das glühende trifft, oder wenn die eine Seite der erwärmten Stelle künstlich abgekühlt wird, wobei die Wärme schneller nach der kalten strömt. — v. Yelin erhitzte Metallstangen von 7 bis 8 Zoll Länge und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, von dem einen Ende nach der Mitte zu, und kühlte die andere Hälfte mit Eis ab. Die Stange wurde dadurch transversal polarisch, und der Nordpol der Magnetnadel wich unter dem warmen Theile nach Osten und unter dem kalten nach Westen. Wurde die Stange in der Mitte erhitzt und die Enden abgekühlt, so entstand eine ähnliche Polarität und durchaus so, als wenn zwei Stangen mit den erhitzten Enden an einander gelegt worden wären.

Auch Flüssigkeiten wirken in der thermoelektrischen Reihe. Seebeck hat gefunden, dass concentrirte Säuren, z. B. Schwefelsäure, Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure, ihre Stelle über dem Wismuth haben, dagegen die concen-

trirten feuerfesten Alkalien, in entgegengesetzter Ordnung, unter dem Antimon. Durch Verdünnung mit Wasser rücken die Säuren mehr nach der Mitte der Reihe, wogegen die Alkalien nach der Verdünnung ihre Stelle behalten. Sowohl Wasser als liquides, d. h. in Wasser aufgelöstes, kaustisches Ammoniak fallen ungefähr mitten in die Reihe.

Die thermoelektrische Polarität bringt, ähnlich der hydroelektrischen, die rotirende Bewegung hervor. Cumming hat gezeigt, dass ein Rectangel, dessen eine Hälfte aus Platindrath, die andere aus Silberdrath besteht, welche an den entgegengesetzten Ecken zusammengelöthet sind, und welcher, auf einem Pivot über dem Pol eines Magnets hängend, mittelst einer Lampe an der unteren zugelötheten Ecke erhitzt wird, anfängt, um die Achse des Magnets zu rotiren, und damit so lange fortfährt, als die Lampe da ist. Macht man ein Kreuz von zwei solchen Rectangeln, welche gerade in dem Punkte aufgehängt werden, in dem sie sich schneiden, so geht die Rotation noch besser vor sich*). Marsh hing zwei solche Kreuze von Rectangeln mit ihren Nägeln auf die aufwärts gekehrten Pole eines Hufeisenmagnets auf, und stellte dann eine brennende Spirituslampe zwischen beide Schenkel. Die Kreuze fingen hierauf an zu rotiren und fuhren damit so lange fort, als die Lampe brannte. Die Ungleichheit in der Erwärmung wird hier dadurch bewirkt, dass die eine Löthung in einer unteren Ecke des Rectangels ist und bei der Rotation dem Feuer am nächsten kommt, da dagegen die andere in einer oberen Ecke ist und der Flamme weniger nahe kommt.

Gleich wie in den hydroelektrischen Paaren eine weit grössere Quantität Elektricität mit einer viel geringeren Intensität, als bei den Erscheinungen der Frictions-Elektricität, wirkt, eben so scheint bei den thermoelektrischen Erscheinungen eine noch grössere Menge Elektricität, aber mit einer noch geringeren Intensität, als bei den hydroelektrischen, zu wirken, und wahrscheinlich ist diese geringe Inten-

*) Um diese Rectangeln aufhängen zu können, macht man in die Mitte der nach unten gewendeten Seite eine Ausbiegung im Drathe, ungefähr so , in welcher der Pivot steht, welcher das Rectangel trägt.

Intensität die Ursache, dass man auf thermoelektrischem Wege bis jetzt noch keine Art elektrochemischer Wirkung, selbst nicht auf diejenigen Körper hervorbringen konnte, welche sonst am leichtesten durch den Durchgang der Elektricität afficirt werden. Es ist in diesem Augenblicke nicht möglich, alle die Resultate vorherzusehen, zu welchen diese unerwartete Entdeckung führen kann. Wir werden aber hoffentlich dadurch endlich den inneren Zusammenhang dieser Grundkräfte begreifen lernen.

Endlich habe ich im Vorbeigehen noch der Entdeckung von Arago zu erwähnen, dass Körper, die mit einer gewissen Geschwindigkeit unter dem Einflusse eines magnetisch polarischen Körpers rotiren, ebenfalls Wirkungen äussern, welche anzeigen, dass sie magnetisch geworden sind. Diesen Umstand hat man Rotations-Magnetismus genannt. Und ferner der merkwürdigen Entdeckung von Faraday, dass man durch Annäherung oder Entfernung eines Magnetpols zu oder von spiralförmig gewundenen Dräthen von Eisen oder anderen Metallen in diesen einen elektrischen Strom erregen kann, der nicht allein durch die Magnetnadel zu entdecken ist, sondern sich auch durch elektrische Funken und schwache, aber doch deutliche chemische Wirkungen in Flüssigkeiten, durch welche er geleitet wird, zu erkennen giebt *). Selbst Körper, die unter dem magnetischen Einfluss des Erdpols rotiren, brachten bei Faraday's Versuchen Elektricität hervor. Diese Entdeckung, dass die magnetische Kraft das Vermögen

*) Um den magnetischen Funken hervorzubringen, umwickelt man den mittleren Theil des Ankers eines horizontal gelegten Hufeisen-Magneten, von etwa 10 bis 12 Pfund Tragkraft, mit ungefähr 50 Windungen in mehreren Lagen eines mit Seide besponnenen, $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdraths, entblösst die beiden, 6 bis 7 Zoll langen Drathenden a b und c d Fig. 36. Tafel I. von Seide, und biegt sie in die Ebene des Magnets, so dass sie sich bei e berühren. In dieser Lage bleiben sie leicht, wenn man die Stellen a und c an der Drathspirale mit einem Faden festbindet. Sowohl beim Abreissen als beim raschen Wiederansetzen des Ankers an die Pole erscheint, indem die Drathenden auf einen Augenblick auseinander springen, an der Trennungsstelle fast jedesmal ein lebhafter Funke. Um die Berührung noch sicherer zu machen, kann man an dieser Stelle die Dräthe mit etwas Quecksilber amalgamiren.

besitzt, elektrische Phänomene zu erregen, wird ohne Zweifel zur Erforschung des inneren Zusammenhanges dieser polaren Kräfte führen. Dieser Gegenstand gehört aber gänzlich in das Gebiet der Physik, in welchem wir uns vielleicht ohnediess schon zu lange aufgehalten haben.

WÆGBARE EINFACHE STOFFE.

Einfache wägbare Materien sind solche, welche wir noch nicht in andere Bestandtheile zu zerlegen vermochten. Diess beweist jedoch nicht, dass sie wirklich einfach sind; aber wenn sie aus einfacheren Grundmaterien zusammengesetzt sind, so sind diese uns wahrscheinlich unbekannt, und die Kräfte, auf denen ihre Verbindung beruht, zu gross, als dass sie durch irgend eines der uns zu Gebote stehenden Mittel überwunden werden; sie verhalten sich folglich, in Beziehung auf uns, wie einfache Körper. Ihre Anzahl ist sehr gross, und beläuft sich gegenwärtig auf 54. Sie finden sich in und auf der äussern Rinde des Erdkörpers in sehr verschiedener Menge (seine innere Beschaffenheit ist uns gänzlich unbekannt). Einige von ihnen machen die Hauptbestandtheile der Gebirge und der Erde aus, z. B: Sauerstoff, Kiesel, Kalium, Calcium, Aluminium, Kohle; andere dagegen kommen weniger allgemein vor, z. B. Kupfer, Silber, Gold, Platin; und noch andere trifft man so sparsam an, dass es schwer hält, sich davon hinreichende Mengen zur Untersuchung ihrer Eigenschaften zu verschaffen, z. B. Yttrium, Tantalum. Eine sehr beschränkte Anzahl von einfachen Körpern bildet die Grundstoffe für die organische Natur, d. h. sie sind Bestandtheile der lebenden Körper, in welchen sie auf eine solche Weise verbunden sind, dass diese Art von Verbindungen nur durch den, für uns vollkommen unbegreiflichen Einfluss des Lebens gebildet werden kann; sie sind daher der Gegenstand einer ganz eignen chemischen Lehre. Die Beschreibung der einfachen Körper und ihrer Verbindungen zerfällt folglich in zwei bestimmt unterschiedene Theile, in die unorganische und in die organische Chemie. Da das Studium der letzteren ohne eine gründliche Kenntniss der ersteren ganz unmöglich ist, so werde ich zuerst das Verhalten der wägbaren Körper in der unorganischen Natur, d. i. im Mineralreiche, und bei den Versuchen, welche wir mit ihnen

anstellen, oder in der Anwendung, welche wir davon machen, durchgehen.

UNORGANISCHE KŒRPER.

Bei Beschreibung der einfachen Körper ist es eine sehr grosse Erleichterung für das Gedächtniss, sie, nach irgend einem Principe, in mehrere Klassen einzutheilen. Die Gründe für eine solche Eintheilung können mehrfach sein. Die Wahl beruht auf dem Endzwecke, den man beabsichtigt. Das Ziel, das ich hier suche, ist, dem Anfänger zur Eindringung in die Wissenschaft die grösste Erleichterung zu verschaffen, und ihn, während er durch ihr Studium eine grosse Anzahl von Thatsachen einsammelt, endlich zur Kenntniss ihres wissenschaftlichen Zusammenhanges zu leiten.

Wir haben in dem Vorhergehenden gesehen, dass bei Entladung der elektr. Säule durch flüssige Körper gewisse Stoffe sich gewöhnlich an dem positiven Pole, und andere an dem negativen ansammeln. Der Sauerstoff geht immer und ohne Ausnahme zu dem positiven, und Kalium immer und ohne Ausnahme zu dem negativen Pole. Diess giebt uns eine Art an, die Körper zwischen diesen beiden Extremen zu ordnen, je nachdem sie bei Zersetzung ihrer Verbindungen häufiger zu dem einen als zu dem andern Pole gehen, und wodurch eine Reihe zwischen Sauerstoff und Kalium entsteht, in welcher die Körper der einen Hälfte elektronegative Körper, d. h. solche, welche vorzugsweise zu dem positiven Pole, und die der andern Hälfte elektropositive, d. h. solche, welche vorzugsweise zu dem negativen Pole gehen, genannt werden können; und diese Reihe bildet, richtig aufgestellt, die Basis für die Chemie, als ein wissenschaftliches System von Thatsachen und deren Ursachen. Aber diese Ordnung ist keinesweges diejenige, nach welcher die Körper am leichtesten zu studiren sind. Man begreift sie erst richtig, nachdem man die Körper kennen gelernt hat. Ich werde deshalb der ausführlicheren Entwickelung der elektrischchemischen Ideen erst am Ende der unorganischen Chemie eine Stelle einräumen, nachdem ich nämlich voraussetzen kann, dass sich der Leser eine hinlängliche Bekanntschaft mit den Eigenschaften der Körper erworben habe.

Gewisse Körper kommen so allgemein vor, und sind mit so wirksamen Verwandtschaften begabt, dass wir uns ihrer vorzugsweise bei unsern Versuchen oder dem Studium der übrigen bedienen. Die Kenntniss derselben macht die erste Möglichkeit, in der Wissenschaft weiter zu kommen, aus. Sie wären also diejenigen, welche zuerst abgehandelt werden müssten; wollte man aber die Körper in der Ordnung aufstellen, nach welcher sie bei unsern Versuchen oft in Anwendung kommen, und auf die Weise, wie es die älteren Chemiker thaten, ehe noch die Wissenschaft die gegenwärtige höhere Ausbildung erlangt hatte, so würde hierdurch leicht eine Verwirrung in den Begriffen des Lernenden verursacht werden können. Es ist deshalb nothwendig, im Ganzen einer wissenschaftlichen Ordnung unter den Körpern zu folgen, sie aber bisweilen aufzuopfern, um eine grössere Leichtigkeit für den Lernenden zu gewinnen.

Unter den einfachen Körpern zeichnet sich ein Theil durch eigene, bestimmte äussere Charaktere aus, und wir nennen sie Metalle, andere dagegen haben sie nicht, und sind nicht metallische. Nach dieser Verschiedenheit hat man die Körper in nicht metallische, die ich mit einem Worte, Metalloïde, nennen werde, und in Metalle eingetheilt. Diese Eintheilung, die ich hier zu befolgen gedenke, steht in einigem Zusammenhange mit den chemischen und elektrisch-chemischen Eigenschaften der Körper, denn alle Metalloïde gehören zu denjenigen, welche theils für sich selbst, theils in Verbindung mit Sauerstoff, vorzugsweise zum positiven Pole gehen und folglich elektronegativ sind. Indess sind auch unter denen, welche zu den Metallen gerechnet werden, eine Menge ähnlicher, und versucht man, die Gränzen zwischen den Klassen zu bestimmen, so findet man, dass die Körper, hinsichtlich ihrer Eigenschaften, von der einen Klasse zu der andern übergehen, und zwar mit so kleinen Abstufungen, dass gewisse Körper mit gleichem Rechte zu der einen wie zu der andern Klasse gebracht werden können.

Metalloïde,

oder nicht metallische Körper.

Die allgemeinen Charaktere dieser Körper, wodurch sie sich von den Metallen unterscheiden, sind im Allgemeinen die mangelnde Leitungs-Fähigkeit für Elektricität und Wärme, verbunden mit einem geringen spec. Gewicht, welches das des Wassers nicht um dreimal übersteigt. Es sind ihrer 12:

Sauerstoff	Brom
Wasserstoff	Jod
Stickstoff	Fluor
Schwefel	Kohlenstoff
Phosphor	Bor
Chlor	Kiesel.

Unter diesen Stoffen zeichnen sich die drei ersten dadurch aus, dass sie in Ermangelung hinreichender Cohäsionskraft an und für sich nicht anders als in Gasgestalt, und daher nur vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandtschaft zu andern Körpern, und nur in Verbindung mit diesen, in flüssiger oder fester Gestalt dargestellt werden können. Wegen ihrer Schwerkraft werden sie fortwährend von der Erdmasse angezogen, erhalten sich aber über ihrer Oberfläche in steter Gasgestalt, so lange sie frei und ungebunden sind. Dasselbe gilt von allen andern wirklich permanenten Gasarten. Diese Körper würden, wenn sie keine Schwerkraft besässen, d. h. von der Erdmasse nicht angezogen würden, sich für unsere Wahrnehmung ganz so, wie die gebundene Wärme verhalten. Wir würden nämlich ihre Wirkungen sehen; wenn wir aber ihren Zutritt zu andern Körpern nicht durch die Gewichtzunahme der letztern auf der Wage auszumitteln vermöchten, so würden wir, wie es ehemals geschah, ehe wir sie noch hinreichend kannten, und wie es noch jetzt mit der Wärme der Fall ist, ihre Anwesenheit bloss als eine Formveränderung derjenigen Körper betrachten, mit welchen sie sich vereinigen. Hätten die Basen dieser beständigen Gasarten eine grössere Schwerkraft, oder befänden sie sich auf einem Planeten, welcher eine vielfach grössere Anziehungskraft als unsere Erde besässe, so würde vielleicht ihre Schwere den Mangel an hinlänglicher Zusammenhangs-Verwandtschaft (Cohäsionskraft) ersetzen,

und sie würden sich dann in fester oder flüssiger Gestalt zusammenhalten können.

In Ansehung ihres chemischen Verhaltens theilt man die Metalloïde in Sauerstoff und in brennbare Körper, die sich mit dem Sauerstoff vereinigen können, wobei die meisten das gewöhnliche Verbrennungs-Phänomen, das Feuer, hervorbringen.

Einige theilen die Körper in brennbare und in verbrennende ein, zu welchen letzteren dann, ausser dem Sauerstoffe, mehrere andere, wie Chlor, Brom, Jod, Schwefel, gerechnet werden. Diese Eintheilung ist jedoch in sofern nicht passend, als die meisten Körper abwechselnd das eine und das andere sein können. Wenn z. B. Schwefel in Sauerstoffgas brennt, so ist der Schwefel ein brennbarer Körper, verbrennt aber Kupfer oder Eisen im Schwefelgase, so ist der Schwefel der verbrennende Körper.

I. Sauerstoff.

Der Sauerstoff kann für sich allein nicht in fester oder flüssiger Gestalt, sondern nur in Gasform dargestellt werden. Er findet sich gasförmig in der Atmosphäre enthalten, von welcher er etwas mehr als $\frac{1}{5}$ ausmacht, und geht als Bestandtheil in die meisten unorganischen Zusammensetzungen, so wie mit höchst wenigen Ausnahmen in alle organische Körper ein. Dieser merkwürdige Stoff wurde im J. 1774 zu gleicher Zeit von Scheele und von dem Engländer Priestley entdeckt, und von dieser Epoche an datirt sich auch die verbesserte Theorie der Chemie.

Um das Sauerstoffgas rein und frei von allen bedeutenden Beimengungen anderer Stoffe zu erhalten, pflegt man es gewöhnlich aus seinen Verbindungen mit verschiedenen Metallen durch Glühen auszuscheiden.

1. In eine kleine Retorte von Glas bringt man 100 Gran rothes oxydirtes Quecksilber, bekannt in den Apotheken unter dem Namen Hydrargyrum präcipitatum rubrum. In die Mündung des Retortenhalses befestigt man alsdann, vermittelst eines durchbohrten Korkes, luftdicht eine gebogene Glasröhre, wie Fig. 1. Taf. II. zeigt. Diese Röhre leitet man in eine Schale voll Wasser unter die Mündung einer ebenfalls mit Wasser gefüllten, umgestürzt hineingestellten Flasche (Fig. 2.), die

von einem über die Schale gelegten, mit einem Ausschnitte versehenen, Bretchen (Fig. 3.) gehalten wird. Die Retorte wird nun über einen kleinen Ofen mit glühenden Kohlen gestellt und allmählig mit Vorsicht erhitzt, damit sie nicht springe. So wie sie erwärmt wird, dehnt sich die in ihr eingeschlossene atmosphärische Luft aus, entweicht durch das Glasrohr und steigt in einzelnen Blasen durch das Wasser in die Flasche, aus welcher sie das Wasser verdrängt, das also in dem Maasse, als sie sich ansammelt, herabsinkt. Sobald sich so viel Luft in der Flasche angesammelt hat, als ungefähr in der Retorte und Gasleitungsröhre enthalten sein konnte, wird die Flasche von Neuem mit Wasser gefüllt und wiederum über die Mündung der Leitungsröhre gestellt. Das nun übergehende Gas ist ziemlich reines, von atmosphärischer Luft freies Sauerstoffgas. Die Hitze unter der Retorte wird dann etwas vermehrt, bis der Boden derselben zu glühen anfängt, wobei sich das Sauerstoffgas ziemlich schnell entwickelt. Das vorher rothe Quecksilberoxyd wird dabei allmählig schwarz, und in dem Verhältnisse, wie das Sauerstoffgas in die Flasche übergeht, setzen sich im Retortenhalse Quecksilbertropfen ab, die sich nach und nach zu grösseren Kugeln sammeln und durch das Rohr in die Schale fallen. Zuletzt wird die Retorte leer und der Versuch ist beendigt. — Sammelt man genau alles Quecksilber, welches sich in der Schale findet und im Retortenhalse sitzen geblieben ist, und wiegt es, so erhält man 92 Gran, also 8 Gran weniger, als das rothe Pulver wog, aus welchem das Sauerstoffgas entwickelt wurde. Das Sauerstoffgas hat sich in der Flasche angesammelt, doch bleibt ein kleiner Theil davon in der Retorte zurück, den man auf die Weise messen kann, dass man das Glasrohr, sobald keine Gasblase mehr herauskommt, mit einem gut passenden Korke verschliesst, und dann die Retorte langsam über dem Feuer abkühlen lässt, ohne das verkorkte Rohr aus dem Wasser herauszunehmen. Ist die Retorte völlig abgekühlt, so nimmt man den Kork heraus, wo dann das Wasser in dieselbe eindringt und den Raum ausfüllt, welchen das Sauerstoffgas bei dieser Temperatur weniger einnimmt, als bei der Glühhitze, wo das Rohr der Retorte verschlossen wurde. Man kann die Retorte, den Boden zu oberst, umkehren, und mit einer Feile auf zwei Seiten den Raum bezeichnen, welchen das Gas einnimmt. Wen-

det man die Retorte dann wieder um und füllt sie bis an die gemachten Zeichen mit Wasser, so kann man alsdann dieses messen und das Volumen des in der Retorte zurückgebliebenen Sauerstoffgases erfahren. Man hat bei diesem Versuch, mit Hinzurechnung des Rückstandes in der Retorte, ungefähr 16 Cubikzoll Sauerstoffgas erhalten; jeder Cubikzoll desselben aber wiegt bei der gewöhnlichen Sommerwärme ungefähr ½ Gran. Das rothe Pulver bestand demnach aus 92 Theilen Quecksilber und 8 Theilen Sauerstoff.

2. Auf eine weit weniger kostspielige Weise wird das Sauerstoffgas aus schwarzem oxydirtem Mangan gewonnen, einem Minerale, welches unter dem Namen Braunstein im Handel vorkommt. Man bringt in eine (wie Fig. 4. a. Taf. II. gestaltete) eiserne Retorte, welche ungefähr ein Pfund fassen kann, so viel fein gestossenen Braunstein, dass dieselbe etwa bis zu ⅘ gefüllt wird, verschliesst sie hierauf mit einem eingeriebenen, der Länge nach durchbohrten Eisenpfropf (Fig. 4. b.), der mit etwas angefeuchtetem Thon bestrichen und so in den Retortenhals hineingerieben wird, dass er sie luftdicht verschliesst. In das schmälere, röhrenförmige Ende des Pfropfes wird ein Glasrohr eingekittet, welches so gekrümmt ist, dass es, wie im vorigen Versuche, in eine grössere Schale mit Wasser geleitet und das Gas auf gleiche Weise in grösseren Flaschen aufgefangen werden kann. Da man aber bei dieser Vorrichtung mehrere Quart Gas erhält, so ist es bequemer, dasselbe in einem grösseren Gasbehälter von Blech aufzufangen, den ich im letzten Theile dieses Lehrbuches, unter dem Artikel G a s b e h ä l t e r, besonders beschreiben werde. Die Eisenretorte wird nun in einen kleinen, aus vier Ziegelsteinen zusammengesetzten Ofen eingelegt, und durch Kohlenfeuer zum Glühen gebracht, ohne aber sogleich die Glasröhre einzukitten. Erst fängt Wasser an, sich in Dämpfen abzusondern, die bisweilen nach Salpetersäure riechen; dann kommt eine Luftart, welche das Feuer auslöscht, nämlich Stickgas, und so lange Wasserdämpfe und diese Luftart entweichen, wird kein Gas aufgefangen. Sobald man aber bemerkt, dass ein ausgeblasener, aber noch glimmender Span, den man an das Rohr der Retorte bringt, nicht mehr verlöscht, sondern im Gegentheil sich entzündet und mit ungewöhnlichem Glanze brennt, so wird die Glasröhre eingesetzt, die vorher mit Werg

und feuchtem Thon umschlagen und gehörig eingepasst werden muss, und das Gas wie im vorigen Versuche aufgefangen. Man erhält dabei, je nachdem alle Fugen mehr oder weniger luftdicht verkittet sind, aus einem Pfunde Braunstein dem Raume nach 12 bis 16 Quart Sauerstoffgas, wovon jedoch das zuerst und zuletzt übergegangene nicht recht rein ist und besonders aufbewahrt werden kann. Von dem dichten Schliessen der Fugen kann man sich überzeugen, wenn man mit einem glühenden Spane rings herum fährt, wo dann dieser an solchen Stellen, wo Sauerstoffgas herausdringt, zu brennen, oder doch mit lebhafterem Glanze zu glimmen anfängt.

In Ermangelung einer Eisenretorte kann man auch Sauerstoffgas aus Braunstein entwickeln, wenn man einen wohl vernagelten Flintenlauf zur Hälfte damit anfüllt und diesen Theil dann glühet. In die Mündung des Laufs kann man ein Glasrohr einkitten oder durch Kork befestigen, durch welches man das Gas in mit Wasser gefüllte Flaschen leitet. — Oder man kann auch den Braunstein in einer Glasretorte mit concentrirter Schwefelsäure übergiessen und damit erhizzen, wobei die Masse bald in's Kochen kommt, und sich Sauerstoffgas in grosser Menge entwickelt.

Bei allen diesen Versuchen mit dem Braunstein wird das Mangan von einem Theile seines Sauerstoffs geschieden, der Gasgestalt annimmt und entweicht; während ein in geringerem Grade oxydirtes Mangan zurückbleibt, welches sich durch Hitze nicht weiter zerlegen lässt. Zu dem Versuche mit Schwefelsäure und Braunstein ist ein geringerer Hitzgrad erforderlich, weil die Vereinigungs-Verwandtschaft der Schwefelsäure zu diesem, in geringerem Grade oxydirten Mangan das Entweichen des überflüssigen Sauerstoffes erleichtert. Man hat geglaubt, dass ein geglühtes Manganoxyd in der Luft seinen Sauerstoff wieder annehmen und dann zu demselben Behuf wieder angewendet werden könne; diess ist aber unrichtig.

3. Die beste Methode von allen aber ist, das Sauerstoffgas aus dem chlorsauren Kali in einer Glasretorte ganz auf dieselbe Weise zu bereiten, die ich oben bei der Gewinnung des Sauerstoffgases aus Quecksilberoxyd beschrieben habe. Dieses Salz giebt 39 Procent seines Gewichts Sauerstoffgas

und zwar ohne Beimengung eines fremden Stoffes. Nur die atmosphärische Luft der Retorte kann das Gas einigermaassen verunreinigen; doch kann man auch diese grösstentheils entfernen, wenn man nach dem Einlegen des Salzes ein wenig Wasser zutropft, welches, ehe noch die Zerlegung des Salzes vor sich geht, Gasgestalt annimmt, und die Luft austreibt. Dabei muss man jedoch die Retorte so aufstellen, dass sie kein Luftzug treffen und abkühlen kann; auch muss man Acht geben, dass das Feuer sich nicht vermindere; denn wenn das Wassergas auf irgend einer Stelle bis unter + 100° abgekühlt wird, ehe noch die Entwickelung des Sauerstoffgases begonnen hat, so entsteht ein luftleerer Raum, und das Quecksilber oder Wasser, über welchem das Gas aufgefangen werden soll, tritt in die Retorte zurück und verdirbt den Versuch. Zum Erhitzen einer nur kleinen Retorte bedient man sich am besten einer Weingeistlampe mit doppeltem Luftzug (S. Art. Lampe im letzten Th.), die eine leichte Regierung der Hitze gestattet.

Hat man Sauerstoffgas nur in kleiner Menge nöthig, wie es bei chemischen Untersuchungen nicht selten der Fall ist, so verfährt man folgendermaassen: An ein 3 bis 4 Zoll langes Stück einer Barometerröhre bläst man eine Kugel ungefähr von der Grösse einer Haselnuss (Fig. 5. Taf. II.), füllt die Kugel bis zu $\frac{3}{4}$ ihres Raumes mit chlorsaurem Kali und zieht alsdann die Röhre vor der Glasbläserlampe aus, indem man sie so biegt, dass der ganze Apparat die Gestalt von Fig. 6. bekommt. Die Kugel wird nun über der Flamme einer einfachen Weingeistlampe erhitzt, und man lässt anfangs etwas Gas verloren gehen, um mit Sicherheit alle atmosphärische Luft aus dem kleinen Apparate ausgetrieben zu haben. Wenn man kein Gas mehr braucht, lässt man das geschmolzne Salz wieder erkalten und kann es nachher noch öfter auf dieselbe Weise brauchen, ehe sein Sauerstoffgehalt erschöpft ist. — Bei der Bereitung des Sauerstoffgases aus chlorsaurem Kali ist zu bemerken, dass das Gas gewöhnlich in der Leitungsröhre ein weisses Pulver absetzt, welches nicht selten bis in das Gefäss, worin man das Gas auffängt, mit fortgerissen wird. Dieses Pulver ist chlorsaures Kali, welches beim Kochen der flüssigen Salzmasse als feiner Staub mit empor geworfen und als schwacher Rauch vom Gase fortgeführt wird. Es zeigt

sich in der grössten Menge im Anfange, und verliert sich zuletzt, wenn die Salzmasse zu erstarren anfängt, gänzlich.

Sauerstoffgas kann auch durch Zersetzung des Salpeters (salpetersauren Kali's) erhalten werden, indem man denselben in einem vernagelten Flintenlauf in glühenden Fluss bringt. Das Gas entweicht unter gelindem Aufbrausen, und in dem Rohre bleibt eine Verbindung von Kali mit salpetriger Säure zurück. Der Salpeter giebt aber bei weitem weniger Gas als das chlorsaure Kali, und ausserdem ist das so erhaltene Gas gewöhnlich unrein; besonders enthält das zuletzt übergehende Stickgas beigemengt, dem durch das Eisen der Sauerstoff entzogen ist. Aus Porzellangefässen entwickelt, wird das Sauerstoffgas zuletzt durch salpetrige Säure verunreinigt, die durch die Einwirkung der Kieselerde und Thonerde des Gefässes vom Kali geschieden wird.

Ausserdem kann man auch Sauerstoffgas bereiten durch Glühen der als rothe Mahlerfarbe bekannten Mennige, eines Oxyds des Bleies, welches in der Hitze einen Theil seines Sauerstoffs verliert.

Um das Sauerstoffgas vollkommen rein zu erhalten, muss es über Quecksilber aufgefangen werden; denn über Wasser wird es von einer gewissen Menge Stickgas aus der atmosphärischen Luft verunreinigt, die in jedem Wasser enthalten ist.

Das Sauerstoffgas ist geruch- und geschmacklos. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu der atmosphärischen Luft nach meiner und Dulong's Wägung, wie 1,1026; nach Biot's, wie 1,10359; nach de Saussure's, wie 1,10562, und nach Thomson's, wie 1,111 zu 1,0000 Davy giebt es zu 1,127 an, was ohne Zweifel zu hoch ist.

Sehr merkwürdig ist es, dass das Sauerstoffgas das Licht weniger bricht, als irgend ein anderer bekannter Körper. Die absolute Strahlenbrechung desselben ist nach Biot und Arago 0,000560204, und verhält sich zur Strahlenbrechung der atmosphärischen Luft wie 0,86161 zu 1,000.

Seine specifische Wärme, mit einem gleichen Gewicht Wasser verglichen, verhält sich zur spec. Wärme des letztern wie 0,242: 1,000.

Es wird in sehr geringer Menge vom Wasser aufgelöst, verändert weder das Kalkwasser, noch die Lackmustinktur,

und unterhält das Verbrennen mit vielfach stärkerem Glanz und Hitze, als die atmosphärische Luft.

Taucht man in eine Flasche mit Sauerstoffgas einen glimmenden Span, so entflammt er sich augenblicklich und brennt mit weit hellerem Glanze als in der atmosphärischen Luft. Zieht man ihn zurück und bläst ihn aus, so entflammt er sich von Neuem, wenn man ihn wieder in die Flasche hält. Eben so verhält sich glimmender Feuerschwamm, der darin mit Flamme verbrennt. Phosphor, den man, in einen, an einem langen Eisendrathe befestigten, kleinen eisernen Löffel gelegt, angezündet in Sauerstoffgas eintaucht, brennt mit einem Lichte, welches unter allen Lichtentwickelungen dem Sonnenlichte an Glanz und Klarheit am nächsten kommt. Schwefel brennt im Sauerstoffgase mit einer schönen lasurblauen Flamme, muss aber dabei auf und nieder bewegt werden, weil sonst die durch das Verbrennen entstehende schweflige Säure den Zutritt des Sauerstoffgases zum Schwefel verhindert. Glimmende Kohle entzündet sich und brennt darin mit Flamme. Kurz, alle Körper, die in atmosphärischer Luft brennen, brennen noch weit heftiger im Sauerstoffgas. Manche, die entweder in der Luft gar nicht, oder nur bei einer ungewöhnlich hohen Temperatur brennen, entzünden sich und brennen sehr leicht im Sauerstoffgas, z. B. Eisen. Wenn man das Ende einer dünnen Stricknadel oder einer dünnen stählernen Uhrfeder umbiegt, an diesem Ende etwas glimmende Kohle befestiget, und dann den Drath in eine Flasche mit Sauerstoffgas bringt; so entzündet sich erst die Kohle, und wenn diese verzehrt ist, fängt der Drath selbst an zu brennen und schmilzt an dem untern Ende zu einer Kugel, die einen sternförmigen Strom von zischenden Funken auswirft. Die geschmolzene, oxydirte Kugel fällt ab, wenn sie zu schwer wird, und der übrige Drath fährt fort zu brennen und zu schmelzen, so lange das Sauerstoffgas nicht durch die eindringende atmosphärische Luft zu sehr verdünnt wird. Die herabfallenden Kügelchen haben eine so hohe Temperatur, dass sie, wenn man sie in's Wasser fallen lässt, noch lange darin fortglühen, und sich tief in das Glas oder Porzellan einschmelzen, auf welches sie fallen. Macht man den Versuch in einer Flasche von dünnem Glase, z. B. in einer Florentiner Flasche, so schmelzen die Kugeln das Glas und fallen unten durch. Will man daher das Gefäss bewahren, so

muss man den Boden mit Sand bedecken. Dieser Versuch ist übrigens einer der schönsten, welchen die Chemie aufzuweisen hat.

Vermischt man Blut mit Sauerstoffgas, so verschwindet dessen dunkle Farbe und wird schön hochroth. Diess ist die Veränderung, welche das Blut der lebenden Thiere beim Athemholen durch Einsaugen von Sauerstoffgas erleidet, und wodurch wenigstens zum Theil die thierische Wärme unterhalten wird. Sperrt man Thiere in Sauerstoff ein, so unterhält dasselbe das Athmen viermal länger, als ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft. Daher nannte man dieses Gas ehemals Lebensluft. Nimmt man das Thier nachher heraus, so findet man das Blut in seinen Venen weit röther, als vorher, und wenn es lange Sauerstoffgas eingeathmet hat, so befindet sich die Lunge in einer Art von entzündlichem Zustande. Lungensüchtige verschlimmern sich daher bedeutend durch das Einathmen dieser Luftart.

Jeder Körper, welcher im Sauerstoffgas verbrennt, verbindet sich mit Sauerstoff, und nimmt nun eben so viel am Gewichte zu, als der verzehrte Sauerstoff wog. Dabei entsteht, auf eine bis jetzt noch nicht hinreichend erörterte Weise, eine Vereinigung von Licht und Wärme, die wir Feuer nennen. Lavoisier und seine Zeitgenossen glaubten, dass es von der gebundenen Wärme herrühre, welche den Sauerstoff in beständiger Gasgestalt erhalte; seitdem man aber eingesehen hat, dass diese Erklärung nicht Genüge leiste, weil auch dann Feuer entsteht, wenn das Sauerstoffgas nicht condensirt wird, so nahm Crawford seine Zuflucht zu einer Veränderung in der specifischen Wärme des verbrannten Körpers, die, nach seiner Ansicht, geringer, als bei dem Sauerstoffe und dem brennbaren Körper vor ihrer Vereinigung sein sollte. Wir haben jedoch späterhin gefunden, dass auch diese Erklärungsart nicht richtig sei, und dass nicht allein manche verbrannte Körper eben so viel specifische Wärme haben, als ihre Bestandtheile, sondern dass auch manche, z. B. das Wasser, sogar eine grössere specifische Wärme, als ihre Bestandtheile für sich besitzen, daher, nach Crawford's Erklärung, bei Verbrennung des Wasserstoffs Kälte, statt des Feuers, entstehen müsste.

Es bleibt uns daher nichts weiter übrig, als das Feuer für

eine elektrische Erscheinung zu halten, welche hervorgebracht wird, wenn bei der Vereinigung der Körper die entgegengesetzten elektrischen Zustände derselben einander neutralisiren, wobei, nach unserer Ansicht, auf dieselbe Weise Feuer entsteht, wie bei Entladung der elektrischen Ladungsflasche oder des Blitzstrahls. Die weiteren Muthmassungen über diesen Gegenstand werde ich bei der Lehre von dem Einfluss der Elektricität, als chemischen Agens, in einem späteren Theile dieses Werks näher entwickeln, da wir hier so viel als möglich vermeiden müssen, Darstellungen von Thatsachen mit unsicheren theoretischen Ansichten zu vermengen.

Zum Anfangen des Verbrennens ist erforderlich, dass der brennbare Körper bis zu einem gewissen Grade erhitzt werde. Sehr wenige Körper besitzen die Eigenschaft, sich bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre zu entzünden und in der Luft zu brennen. Der Wärmegrad, welcher zur Entzündung eines brennbaren Körpers erfordert wird, ist gewöhnlich bedeutend niedriger, als der durch die Verbrennung entwickelte, so dass der einmal entzündete Körper nachher von selbst zum Fortbrennen hinreichend erwärmt bleibt. Die durch das Verbrennen entstehende Hitze ist um so grösser, je stärker die Verwandtschaft des brennenden Körpers zum Sauerstoffe ist, kann aber, nach der verschiedenen Dichtigkeit des Sauerstoffgases, bei einem und demselben brennbaren Körper verschieden sein. Am stärksten ist sie im reinen Sauerstoffgase; je mehr aber die kleinsten Theilchen dieses Gases durch Verdünnung oder durch Beimengung eines anderen Gases von einander getrennt werden, desto schwächer wird die beim Verbrennen entstehende Hitze. Daher brennt ein Körper mit minderer Wärme in der Luft, weil in dieser das Sauerstoffgas mit viermal so viel Stickgas gemengt ist. Stellt man sich vor, dass die Menge des Stickgases in der Luft sich vermehre, so kommt man zuletzt auf einen Punkt, wo die durch das Verbrennen entstehende Temperatur der zum Entzünden erforderlichen gleich wird und der Körper noch fortbrennt; wird aber der Sauerstoff noch mehr verdünnt, so kann das Verbrennen gar nicht mehr statt finden, wenn nicht der brennbare Körper durch irgend einen anderen Umstand auf dem zum Verbrennen erforderlichen Wärmegrade erhalten wird.

Aus einigen Berechnungen von Welter scheint hervor-

zugehen, dass bei der Verbrennung gewisse Körper, indem sie sich mit derselben Quantität Sauerstoff vereinigen, entweder gleiche Mengen Wärme, oder bestimmte Multipeln dieser Quantitäten frei machen. So z. B. zeigen die Versuche von Despretz, dass gleiche Mengen von Eis bei 0° geschmolzen werden, wenn sich 100 Theile Sauerstoffgas mit Kohle zu Kohlensäure, oder mit Wasserstoffgas zu Wasser verbinden. Dasselbe Verhältniss scheint statt zu finden, wenn diese 100 Theile Sauerstoff Holz, Wachs, Harz, Alkohol verbrennen. Indem diese Quantität aber Phosphor zu Phosphorsäure verbrennt, wird gerade doppelt so viel Eis geschmolzen, also doppelt so viel Wärme frei, als bei der Verbrennung von Wasserstoff und Kohlenstoff. — Es ist gegenwärtig noch nicht möglich, zu entscheiden, ob aus diesen Beobachtungen der obige Schluss gezogen werden kann; jeden Falls aber verdient die beobachtete Uebereinstimmung alle Aufmerksamkeit.

Verschiedene Körper entzünden sich, d. h. fangen an, mit dem Sauerstoff sich zu vereinigen, bei einer Temperatur, bei der noch kein Glühen oder Leuchten statt findet, und solche Körper fahren fort, sich zu oxydiren, ohne dass Feuer entsteht, und zwar so, dass sie sich bloss heiss erhalten, dass jedoch beim Zutritt reinerer Luft Feuer zum Ausbruche kommt. Hierdurch entsteht ein zwiefacher, verschiedenartiger Verbrennungszustand, der eine bei der möglichst niedrigen, der andere bei der möglichst hohen Hitze, wobei die Produkte beider oft ganz verschieden sein können.

Die Thatsache, dass Körper, unter gewissen Umständen, bei derselben Temperatur sich weiter oxydiren können, bei welcher ihre Oxydation angefangen hat, und ohne dass Feuer dabei erscheint, hat zu der höchst interessanten Erfindung Davy's Anlass gegeben, das Feuerphänomen gleichsam von dem einen brennbaren Körper auf einen andern überzutragen, der weder oxydirt wird, noch brennt. Man befestiget nämlich auf ein Stückchen Campher oder an den Docht einer Weingeistlampe ein Stückchen spiralförmig gewundenen Platindrath, oder ein schmales Streifchen von sehr dünn ausgewalztem Platinbleche, mit 8 bis 10 Windungen, zündet dann den Campher oder die Weingeistlampe an und bläst nach einer Weile die Flamme mit einem kurzen Athemstosse schnell aus. Das Platin behält dabei, nach dem Verlöschen der Flamme, eine

höhere Temperatur, als die ist, bei welcher die Oxydation der Campher- oder Weingeist-Dämpfe ihren Anfang nimmt, und diese fahren daher bei Berührung des Platindrathes fort, sich auf Kosten der Luft zu oxydiren, und da der Platindrath die Wärme besser, als die Gase, leitet, so nimmt derselbe die dabei entwickelte Wärme auf, und fängt nach wenigen Augenblicken an zu glühen. Indem der Platindrath durch sein Glühen die Verflüchtung des Camphers oder Alkohols unterhält, fährt er zugleich fort zu glühen, so lange, bis von dem Campher oder Alkohol nichts mehr übrig ist.

Dasselbe geschieht auch, wenn man irgend eine brennbare Gasart in die Luft ausströmen lässt und einen erhitzten Platindrath in den Strom hält, nur mit dem Unterschiede, dass solche Gasarten, welche an sich sehr leicht entzündlich sind, dadurch in wenigen Augenblicken entzündet werden. Das Platin eignet sich am besten zu diesem Versuche, weil es hinlänglich wärmeleitend ist und sich nicht selbst oxydirt. Mit andern Metallen gelingt der Versuch ebenfalls, doch weniger gut und sicher; Eisen kommt darin dem Platin noch am nächsten, Silber und Gold scheinen für diesen Zweck aber zu starke Wärmeleiter zu sein und deshalb die Hitze abzuleiten. Bei allen diesen Versuchen beruht jedoch die Entzündung und Verbrennung nicht allein auf der Temperatur des Platins. Das Metall selbst, ungeachtet es keine Verbindung eingeht, wirkt dabei auf eine eigene Art mit. Beim Wasserstoffe werde ich auf diese Materie zurückkommen und ausführlicher dasjenige aufführen, was uns die Erfahrung darüber gelehrt hat.

Einen mit Sauerstoff vereinigten Körper nennt man oxydirt oder verbrannt. Das Gewicht eines solchen Körpers beträgt so viel, als die Gewichte des brennbaren Körpers und des verzehrten Sauerstoffes zusammen genommen. Es ist aber sehr schwierig, diesen Versuch so anzustellen, dass man sowohl das unverzehrt zurückgebliebene Sauerstoffgas, als auch den verbrannten Körper wiegen kann. War das Sauerstoffgas völlig rein, und der brennbare Körper vermögend, dasselbe ganz zu verzehren, so verschwindet es gänzlich; wenn man z. B. eine Glaskugel mit Sauerstoffgas füllt, auf jede drei Cubikzoll ihres Inhalts einen Gran Phosphor hineinbringt, dann die Kugel luftdicht verschliesst und so weit erhitzt, dass der Phosphor sich entzündet und verbrennt, so wird, wenn man die

die Kugel nach dem Erkalten unter Wasser öffnet, dieses eindringen und die Kugel ausfüllen, dass nicht die geringste Luftblase darin bleibt.

Dieser Versuch lässt sich aber auf eine noch leichtere und glänzendere Weise bewerkstelligen, wenn man eine kleine Glasglocke von 5 bis 6 Zoll Länge mit Quecksilber füllt, in Quecksilber umstürzt, und dann ein Stückchen Phosphor hineinbringt, welches vermöge seiner Leichtigkeit durch das Quecksilber bis zum obersten Theile der Glocke emporsteigt. Hier schmelzt man den Phosphor auf die Weise, dass man einen heissen, aber nicht glühenden Schmelztiegel umgekehrt über die Glocke hält, jedoch so, dass er das Glas nicht berührt. Hierauf lässt man Sauerstoffgas in kleinen, einzelnen Blasen zu dem geschmolzenen Phosphor aufsteigen. Dieser verbrennt nun mit lebhaftem Glanze und das Sauerstoffgas verschwindet, so dass man zuletzt nur Phosphor und Phosphorsäure in der Glocke vorfindet.

Indem sich der Sauerstoff mit den einfachen Körpern verbindet, verändert er ihre Eigenschaften, und bringt Verbindungen hervor, die wir oxydirte Körper oder Oxyde nennen. Die Eigenschaften der Oxyde sind verschieden, 1) nach der Natur des brennbaren Körpers, der sich mit dem Sauerstoff verbunden hat; und 2) nach den verschiedenen Verbindungsstufen, die ein Körper mit dem Sauerstoff eingehen kann.

Schon oben erwähnte ich, dass wir die einfachen Körper in elektropositive und elektronegative eintheilen. Die meisten der letzteren bilden mit dem Sauerstoff eigene Verbindungen, die sich durch einen sauren Geschmack auszeichnen und daher den Namen Säuren bekommen haben. Die elektropositiven dagegen bringen Verbindungen hervor, die nicht sauer sind, sondern im Gegentheil die Eigenschaft haben, indem sie sich mit den Säuren verbinden, die sauren Charaktere derselben ganz zu vernichten, so dass also diese beiden Klassen von oxydirten Körpern einander eben so entgegengesetzt sind, wie die beiden Elektricitäten, nach denen sie benannt sind. Einige wenige elektropositive Körper bilden, mit einer gewissen Menge Sauerstoff, ein elektropositives, und mit einer grösseren Menge Sauerstoff ein elektronegatives Oxyd, d. h. eine Säure; so z. B. das Mangan.

Lavoisier, der die Eigenschaft des Sauerstoffs, mit dem Schwefel, dem Phosphor, dem Kohlenstoff Säuren hervorzu-

bringen, aufgefasst hatte, dem es aber, weil man die Zusammensetzung der ausgezeichnetsten elektropositiven Oxyde zu seiner Zeit noch nicht kannte, entgangen war, dass der Sauerstoff auch entgegengesetzte Verbindungen hervorbringt, betrachtete denselben als das ausschliesslich säureerzeugende Prinzip, und nannte ihn daher Oxygenium (von οξυς, sauer, γενναω, ich erzeuge). Es wurde aber nachher vollkommen erwiesen, dass es starke Säuren giebt, die keinen Sauerstoff enthalten, dass also jener Begriff unrichtig ist. Hätte man daher gegenwärtig diesem Körper einen Namen zu geben, so würde man ihn gewiss nicht Oxygenium (Sauerstoff) nennen; gleichwohl würde es, da nun einmal diese Benennung allgemein angenommen ist, ungeeignet sein, sie darum mit einer anderen vertauschen zu wollen, weil sie durch einen unrichtig aufgefassten Begriff veranlasst worden ist.

Mehrere Körper, namentlich die Metalle, besitzen im oxydirten Zustande eine pulverförmige, erdige Beschaffenheit; die älteren Chemiker nannten daher diese Oxyde Metallkalke, um dadurch ihre Analogie mit der Kalkerde zu bezeichnen, wiewohl sie noch nicht wussten, dass auch diese Substanz ein Metalloxyd ist.

Ein und derselbe Körper kann mehrere Oxydationsstufen besitzen, die sich, nach ihren verschiedenen Eigenschaften, in 3 Klassen eintheilen lassen. 1) Das Suboxyd ist die niedrigste Stufe; es kann sich nicht mit andern oxydirten Körpern vereinigen, ohne mehr Sauerstoff aufzunehmen. Diese Oxydationsstufe ist weniger allgemein und bis jetzt nur bei wenigen Körpern bekannt; vielleicht lernen wir aber mit der Zeit mehrere kennen. Zu den Suboxyden gehören die Häutchen, welche sich nach und nach auf metallischem Blei, Zink, Arsenik, Wismuth u. s. w. bilden.

2) Oxyde. Diese Klasse begreift die oxydirten Körper, welche sich unter einander verbinden können. Sie wird in zwei Unterabtheilungen getheilt: Elektropositive Oxyde oder Salzbasen, und elektronegative Oxyde oder Säuren. a) Salzbasen, häufig nur Basen genannt, werden durch die Verbindung der elektropositiven Metalle mit Sauerstoff gebildet, und sind das, was wir Alkalien, Erden und Metalloxyde nennen. Ein und dasselbe Metall kann mehrere basische Oxydationsgrade haben, viele haben zwei, einige haben drei

oder vier. Wir unterscheiden sie dann in der Benennung auf die Weise, dass der niedrigste Grad **Oxydul** und der höchste **Oxyd** genannt wird, z. B. Eisenoxydul und Eisenoxyd. In den Fällen, wo mehrere Oxyde da sind, sagen wir auch Sesquioxydul und Sesquioxyd, wie es an seinem Orte gezeigt werden soll. Einige Chemiker bedienen sich der griechischen Zahlwörter zur Unterscheidung der Oxydationsstufen, und sagen: **Protoxyd**, **Deutoxyd**, **Tritoxyd** u. s. w. b) **Säuren** werden diejenigen Oxyde genannt, welche von den elektronegativen Metallen und von den Metalloïden gebildet werden, und wovon die meisten einen mehr oder weniger deutlich sauren Geschmack haben. Auch diese haben mehrere Oxydationsstufen, welche man in der Benennung auf die Art unterscheidet, wie folgendes Beispiel von den vier Säuren des Schwefels zeigt: unterschweflige Säure, schweflige Säure, Unterschwefelsäure, Schwefelsäure. Diese Nomenklatur ist gewiss nicht sehr gut, aber sie ist einmal angenommen. — Der brennbare Körper in einer Säure oder Salzbasis wird ihr **Radical** genannt. Wenn sich Säuren und Salzbasen verbinden, so entstehen daraus eigene Körper, die sogenannten **Salze**, in welchen die Säure und Base einander gänzlich die Hauptcharaktere aufgehoben haben.

3) Die **Superoxyde**; sie enthalten so vielen Sauerstoff, dass sie, ohne einen Theil davon abzugeben, sich mit anderen Oxyden oder Säuren gar nicht verbinden können. Von dieser Beschaffenheit ist z. B. der sogenannte Braunstein, aus welchem, wie wir schon oben gesehen haben, der überschüssige Sauerstoff durch Glühen ausgetrieben werden kann.

Alle diese verschiedenen Oxydationsstufen erzeugen sich unter bestimmten Sprüngen von einer Stufe zur andern, ohne Zwischenstufen. Diese Sprünge geschehen gewöhnlich nach gewissen Gesetzen, so dass die Sauerstoffmenge, welche das Oxyd anfänglich enthielt, sich um $\frac{1}{2}$ oder 2 oder 3 Male vermehrt, das heisst, dass ein Atom vom Radical darin mit 1, 2, 3, u. s. w. Atomen Sauerstoff verbunden ist. Es sind hauptsächlich die Sauerstoff-Multipeln in den Oxyden, welche uns auf die, im Vorhergehenden angedeuteten Ideen von Atomen geleitet haben. Uebrigens kennen wir noch nicht alle Oxydationsstufen der brennbaren Körper; oft werden neue entdeckt, und es ist wahrscheinlich, dass alle brennbare Körper dieselbe Anzahl

Oxydationsstufen besitzen, in welchen sich die Sauerstoffmengen wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, u. s. w. verhalten, so dass der Zuwachs an Sauerstoff das 2-, 3-, 4 u. s. w. fache von der Sauerstoffmenge des niedrigsten Oxyds ausmacht. Allein wir haben die Art und Weise, wie die meisten von ihnen hervorgebracht werden können, noch nicht entdeckt, und kennen bis jetzt nur erst diejenigen, in welchen die Bestandtheile durch die stärksten Verwandtschaftskräfte mit einander verbunden sind, und die daher bei unseren Versuchen vorzugsweise gebildet werden.

Das Atomgewicht des Sauerstoffs dient zur Vergleichung der Atomgewichte der übrigen Körper. Es ist dabei die Einheit, gleichwie das specifische Gewicht des Wassers bei Vergleichung der specifischen Gewichte der Körper die Einheit ist. Es wird zu 100,000 gesetzt.

Beim Gebrauche der Atomgewichte gewährt es häufig eine grosse Bequemlichkeit, das Atomgewicht eines jeden Körpers mit einem besonderen Zeichen, gewöhnlich einem oder einigen Buchstaben, die an den lateinischen Namen des Körpers erinnern, zu bezeichnen. So wird das Atomgewicht des Sauerstoffs durch O ausgedrückt; da indessen dieser Körper so häufig und ungleich unter die übrigen Bestandtheile vertheilt, in die Mischung zusammengesetzter Körper eingeht, so pflegen wir auch die Atomgewichte des Sauerstoffs durch Punkte zu bezeichnen, die über das Atomgewicht-Zeichen des Körpers gesetzt werden, mit dem der Sauerstoff verbunden ist, indem die Anzahl der Punkte die Anzahl von Sauerstoff-Atomen ausdrückt. Wenn also S das Atom des Schwefels bedeutet, so drückt $\ddot{S}$ eine Verbindung von 1 Atom Schwefel mit 2 Atomen Sauerstoff, $\dddot{S}$ eine Verbindung von 1 Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff aus. Man kann diess auch $S + 2O$, $S + 3O$, oder kürzer SO^2, SO^3 schreiben *).

Ehe ich die Lehre vom Sauerstoffe verlasse, muss ich, auf Veranlassung des so eben Angeführten, noch etwas über das merkwürdige Verhalten bemerken, das in Hinsicht der

*) Hierbei ist zu bemerken, dass eine oben und rechts gestellte Zahl nur das Atomzeichen, bei welchem sie steht, multiplicirt; eine in der Reihe und zur Linken stehende Zahl aber multiplicirt alle, bis zum nächsten Pluszeichen folgende Zahlen, z. B. $2SO^2 = 2$ At. Schwefel und 4 At. Sauerstoff.

Proportionen eintritt, in welchen der Sauerstoff mit anderen Körpern sich verbindet. Gay-Lussac entdeckte zuerst, dass, wenn das Sauerstoffgas sich mit anderen Körpern vereiniget, welche sich in Gasgestalt befinden, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickgas (die wir in der Folge kennen lernen werden), diese Vereinigung stets in einem solchen Verhältnisse erfolge, dass entweder beide Gasarten sich in gleichen Maasstheilen (Volumen) mit einander verbinden, oder das 2, 3 oder mehrere Maasstheile des einen Gases sich mit einem Maasstheile des anderen Gases vereinigen, so dass in den Verhältnissen kein Bruch vorkömmt.

Wiewohl wir nun nicht alle brennbare Körper in Gas verwandeln können, und die meisten von ihnen, die wir zu verflüchtigen im Stande sind, ihre Gasgestalt nur bei so hoher Temperatur beibehalten, dass wir sie nicht mehr zu messen vermögen, so haben wir doch Grund, zu vermuthen, dass die Verhältnisse, nach welchen der Sauerstoff sich mit den brennbaren Körpern verbindet, und selbst diejenigen Verhältnisse, nach welchen sich die brennbaren Körper unter einander selbst vereinigen, mit den relativen Maasstheilen dieser Körper bei derjenigen Temperatur in Uebereinstimmung stehen, bei welcher diese brennbaren Körper Gasgestalt annehmen würden, (diese Temperatur mag auch übrigens so hoch sein, als sie nur wolle) — und dass diese Vereinigung auf solche Weise geschehe, dass ein Volumen oder Maasstheil der einen Gasart entweder mit einem einzigen Volumen, oder mit 2, 3, 4 oder mehreren Volumen des anderen Gases sich verbinde. Man sieht, dass diese Volumen-Verhältnisse ganz in Uebereinstimmung mit dem vor sich gehen, was ich früher über die Zusammensetzung der Körper aus Atomen angeführt habe. Nimmt man an, dass in den Gasen aller einfachen Körper bei gleichem Volumen die Anzahl der Atome gleich ist, so bedient man sich bald des Wortes Atom und bald des Wortes Volumen, stets als gleich bedeutend und gleichen relativen Gewichten entsprechend.

Wir haben oben gesehen, dass der Sauerstoff eben so wohl Säuren als Salzbasen bilden kann. Aber gleich wie die säureerzeugende Eigenschaft nicht ausschliesslich ihm zukommt, ist er es auch nicht allein, welcher Basen hervorbringt. Wir kennen noch drei andere Körper, welche

diese Eigenschaft mit ihm theilen; diese sind unter den Metalloïden der Schwefel, und unter den Metallen das Selen und das Tellur. Diese drei Körper geben, mit den elektronegativen brennbaren Körpern, elektronegative Verbindungen, welche den Säuren analog sind, und, mit den elektropositiven Körpern, elektropositive Verbindungen, welche den Basen analog sind; und diese beiden Arten von Verbindungen können sich nachher gerade so einander neutralisiren, wie unter einander die Sauerstoffsäuren und Sauerstoffbasen, indem sie dabei, wie diese, Salze hervorbringen.

Die ausgezeichnete Eigenschaft, mit den brennbaren einfachen Körpern zwei elektrisch verschiedene Reihen von Verbindungen eingehen zu können, gruppirt diese vier Körper, Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur, zu einer bestimmten Klasse, die ich unter dem gemeinschaftlichen Namen *corpora amphigenia* (Amphigenstoffe, die zwei Reihen, nämlich Säuren und Basen, bilden) oder Säure- und Basenbilder begreifen werde. Die aus ihrer Verbindung entspringenden Salze bekommen den Namen Amphidsalze, zur Unterscheidung von anderen, weiter unten zu erörternden Salzen, welche aus der Vereinigung von nur zwei einfachen Körpern entstehen.

II. Brennbare Körper.

Man glaubte vormals, dass die Brennbarkeit aller Körper durch einen Stoff bedingt werde, welcher durch die ganze Natur verbreitet sei, beim Verbrennen eines Körpers entweiche, und welchem man den Namen Phlogiston gab. Allein man kannte damals weder den Sauerstoff, noch selbst die Natur des Verbrennungs-Phänomens, hatte auch noch nicht bemerkt, dass der verbrannte Körper stets an Gewicht zunimmt, wenn man die Produkte der Verbrennung sammelt und wägt. Nachdem Scheele entdeckt hatte, dass beim Verbrennen Sauerstoff verzehrt wird, und Lavoisier gefunden hatte, dass der verbrannte Körper eben so viel an Gewicht zunimmt, als das verzehrte Sauerstoffgas wog; da entstand die neuere Theorie des Verbrennens, auf welcher die wichtigsten Punkte der übrigen theoretischen Chemie beruhen und durch welche Lavoisier's Scharfsinn dieser Wissenschaft den höheren Grad der Ausbildung gab, den sie jetzt besitzt. Die Anhänger des

Phlogiston bemühten sich lange, Lavoisier's Theorie umzustossen, indem sie dem Phlogiston eine Eigenschaft zuschrieben, die sie negative Schwere nannten, vermöge deren ein Körper, der sich damit vereinigte, an Gewicht verlieren sollte. Diese Erklärungen sind jedoch nun gänzlich verworfen, das Phlogiston ist aus der Chemie verbannt, und Lavoisier's Lehre, die deshalb gleich anfangs den Namen der antiphlogistischen Chemie erhielt, durch vieljährige Erfahrungen vollkommen bestätiget. Bei der Lehre von der Oxydation der Metalle werde ich das Geschichtliche der phlogistischen und antiphlogistischen Chemie ausführlicher erwähnen.

1. Wasserstoff.

Der Wasserstoff, darum so genannt, weil er in Verbindung mit dem Sauerstoff Wasser bildet, kann, so wie der Sauerstoff, an und für sich nicht in fester oder tropfbarflüssiger Gestalt dargestellt werden, sondern er bildet eine eigene brennbare Gasart, welche man ehemals brennbare Luft nannte. Er findet sich, ausser im Wasser, in allen organischen Körpern, sowohl Thier- als Pflanzenstoffen, und ist folglich einer der häufigsten Bestandtheile unserer Erdkugel.

Um Wasserstoffgas darzustellen, scheiden wir es aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoff, dem Wasser, aus, und zwar kann diess auf mehrfache Weise geschehen; immer aber ist es schwierig, dasselbe vollkommen rein zu erhalten.

Die gewöhnlichste Weise, dieses Gas darzustellen, besteht darin, dass man Zink in einem Gemische von Wasser und Schwefelsäure auflöst. Das Zink hat zum Sauerstoff grosse Verwandtschaft; dennoch aber vermag es nicht bei gewöhnlicher Luft-Temperatur denselben dem Wasserstoff im Wasser zu entziehen. Aber die Gegenwart einer Säure, die mit einer starken Verwandtschaft zum Oxyd dieses Metalles begabt ist, bewirkt, dass die beiden gleichzeitig erregten Verwandtschaften, nämlich die des Zinks zum Sauerstoff, und die der Säure zum Zinkoxyd, die Verwandtschaft des Wasserstoffs zum Sauerstoff im Wasser überwinden. Letzteres wird also zerlegt und sein Wasserstoff in Freiheit gesetzt; da aber dieser in ungebundenem Zustande nur als Gas bestehen kann, so entweicht er aus dem flüssigen Ge-

mische unter Aufbrausen und kann als Gas aufgesammelt werden.

Zu diesem Versuche hat man nur eine Flasche nöthig, die mit einem durchbohrten Korkstöpsel verschlossen wird, durch welchen man luftdicht eine gebogene Glasröhre gesteckt hat, wie Fig. 7. Taf. II. zeigt. Da es aber in den meisten Fällen, wo man dieses Gas zu entwickeln hat, grosse Bequemlichkeit gewährt, die Schwefelsäure allmählig in kleinen Antheilen hinzufügen zu können, ohne nöthig zu haben den Kork abzunehmen, wodurch atmosphärische Luft in die Flasche dringen und sich dem Wasserstoffgas beimengen würde, so führt man besser noch eine zweite und gerade Röhre durch den Kork, welche bis in die Flüssigkeit taucht, und deren obere Mündung trichterförmig erweitert ist. Fig. 8. A. Taf. II. zeigt die Einrichtung eines solchen Apparats. Durch den Trichter giesst man allmählig die Schwefelsäure hinzu. Natürlicherweise kann kein Theil des Gases durch diese gerade Röhre entweichen, weil ihre untere Mündung von der Flüssigkeit verschlossen ist. Es ist gut, wenn diese Röhre etwas weit, ihre untere Mündung aber verengt ist, wie B. Fig. 8., damit die eingegossene Säure nicht Luftblasen mit sich fortreisse, welche das Gas verunreinigen würden.

Zu Anfang des Versuchs enthalten das Wasser und der damit nicht angefüllte Raum der Flasche atmosphärische Luft, die sich dem Wasserstoffgas beimengt, dasselbe also verunreinigt. Daher darf man die ersten Antheile des Gases, welche diese Luft wegführen, nicht auffangen, wenn man reines Gas haben will. Allein man kann die Gegenwart von Luft in der Flasche gänzlich vermeiden, wenn man diese, nebst der gebogenen Röhre, zu Anfang ganz mit Wasser anfüllt, die Mündung der letzteren mit dem Finger luftdicht zuhält, und nun Schwefelsäure durch den Trichter eingiesst. Das sich entwickelnde Gas kann nicht entweichen, treibt aber, indem es sich in dem oberen Theil der Flasche ansammelt, einen Antheil der Flüssigkeit in der geraden Röhre in die Höhe; auf welche Weise man fortfährt, bis wenigstens ein Viertel des Inhalts der Flasche mit Gas erfüllt ist. Alsdann öffnet man die gebogene Röhre und verschliesst die gerade mit dem Finger, bis aus ersterer das darin enthaltene Wasser ausgeflossen ist. Ohne diese letztere Vorsicht würde

hierbei die gebogene Röhre wie ein Heber wirken, und in die Flasche Luft einziehen. Nachher geht die Entwickelung des Gases ohne weiteres Hinderniss vor sich.

Indem sich das Zink auflöst, erhitzt sich die Flüssigkeit allmählig, wodurch die Gasentwickelung sehr beschleunigt wird. Endlich tritt ein Zeitpunkt ein, wo das Wasser in der Flasche mit schwefelsaurem Zinkoxyd gesättigt ist, und dieses beim Erkalten desselben heraus krystallisirt. Wenn die Flüssigkeit anfängt, concentrirt zu werden, lohnt es sich nicht mehr der Mühe, noch weiter Säure hinzuzufügen; es ist dann besser, sie mit einem frischen Gemische von Wasser und Säure zu wechseln.

Das Wasserstoffgas kann über Wasser oder über Quecksilber aufgefangen werden. Nur bei Anwendung von destillirtem Zink ist es als einigermaassen rein zu betrachten. Das gewöhnliche käufliche Zink enthält Arsenik und etwas Schwefel, und liefert ein durch Arsenik- und Schwefel-Wasserstoffgas verunreinigtes und dadurch unangenehm riechendes Gas. Die Gegenwart des Arseniks erkennt man, wenn man das Gas durch eine, an einer Stelle schwach glühende Glasröhre leitet, in der sich alsdann, nach einer halben Stunde, gleich hinter der glühenden Stelle, ein schwarzer Ueberzug von Arsenik bildet. Die Gegenwart des Schwefels entdeckt man, wenn man den Gasstrom auf ein, mit der verdünnten Auflösung von basischem, essigsaurem Bleioxyd getränktes Stückchen Leinwand leitet, welches, durch Bildung von Schwefelblei, anfangs gelblich, dann roth und zuletzt schwarz wird. Von diesen fremden Einmengungen kann man das Wasserstoffgas befreien, wenn man es zuvor durch zwei hintereinander befindliche Röhren leitet, wovon die erste ein mit Quecksilbersublimat- (Quecksilberchlorid-) Auflösung getränktes, zusammengewickeltes Stück Leinwand, und die zweite kleine Stücke von Kalihydrat enthält. Das Arsenikwasserstoffgas wird in der ersten, und das Schwefelwasserstoffgas in der zweiten Röhre absorbirt.

Zur Bereitung des Wasserstoffgases pflegt man auch zuweilen Eisen, statt Zink, in Schwefelsäure aufzulösen. Da aber das Eisen stets Kohle enthält, so ist das auf diese Weise erhaltene Gas auch stets mit einem Kohlenwasserstoff, der ein stinkendes, sehr flüchtiges Oel ist, verunreinigt.

Aus Stabeisen erzeugt es sich in geringerer Menge; aber Stahl, und namentlich Gusseisen, erzeugen es in solcher Menge, dass man es aufsammeln kann, indem man den Wasserstoffgasstrom durch Alkohol leitet, welcher sich nachher beim Vermischen mit Wasser trübt und den ölartigen Körper allmählig absetzt.

Das Wasserstoffgas kann endlich aus dem Wasser auch dadurch abgeschieden werden, dass man letzteres in Gasform über glühendes Eisen leitet. Es ist zwar keine vortheilhafte Darstellungsweise dieses Gases, aber der Versuch verdient darum erwähnt zu werden, weil er eine sehr einfache Vorstellung von der Zersetzung des Wassers in seine beiden Bestandtheile giebt, und hierbei durch die Temperatur bewirkt wird, was bei der vorhergehenden Darstellungsart die Gegenwart der Säure thut. Ein gewöhnlicher Flintenlauf wird mit dicht zusammengewickeltem Eisendrath angefüllt und durch einen länglichen Ofen gelegt, in dem er glühend gemacht werden kann. In das eine Ende des Rohrs befestigt man, vermittelst eines Korks, den Hals einer halb mit Wasser angefüllten Retorte, und in das andere Ende eine Gasleitungsröhre. Sobald der Flintenlauf bis zum vollen Glühen erhitzt ist, bringt man das Wasser in der Retorte zum Kochen, welches nun in Gasgestalt über das glühende Eisen streichen muss, und dabei von demselben auf die Weise zersetzt wird, dass sich sein Sauerstoff mit dem Eisen verbindet, und sein Wasserstoff als Gas entweicht. Hat man das Eisen vor dem Versuche gewogen und wiegt es nachher in dem oxydirten Zustande wieder, so findet man, dass es an Gewicht zugenommen hat, und diese Gewichtszunahme entspricht der Menge des entwickelten Wasserstoffgases in dem Verhältniss, wie Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser enthalten sind.

Das Wasserstoffgas bricht die Lichtstrahlen $6\frac{1}{2}$ mal stärker, als die atmosphärische Luft, oder genauer: sein Brechungsvermögen verhält sich zu dem der atmosphärischen Luft wie 6,61436: 1,00000. Bei völliger Reinheit ist es geruchlos; so erhält man dasselbe, wenn man ein Amalgam von Kalium und Quecksilber mit Wasser übergiesst, in welchem Falle sich das Kalium auf Kosten des Sauerstoffs im Wasser oxydirt. Setzt man aber dem Wasser eine Säure oder auch Salmiak zu, was die Gasentwickelung beschleunigt, so nimmt das Gas

sogleich denselben Geruch an, den es bei seiner Entwickelung aus verdünnten Säuren mit destillirtem Zink bekommt. Dieser Geruch kann daher nicht dem Wasserstoffgase selbst angehören, sondern muss von andern aufgelösten Stoffen herrühren.

Sein specifisches Gewicht verhält sich zum spec. Gewichte der Luft wie 0,0688 bis 0,0689: 1,000, nach Wägungen, die ich in Gesellschaft mit Dulong angestellt habe. Früher hatte man sein eigenthümliches Gewicht zu 0,073 gefunden.

Seine specifische Wärme verhält sich zu der Luft, dem Gewichte nach, wie 13,08: 1,00. Mit einem gleichen Gewichte Wasser verglichen, verhält sich die specifische Wärme des Wasserstoffgases = 3,88: 1,00.

Das Atomgewicht des Wasserstoffs ist 6,2398. Es wird mit H bezeichnet. Allein der Wasserstoff hat eine überwiegende Neigung, sich in paarigen Atomen mit anderen Körpern zu vereinigen, und selten kommt es vor, dass er sich in geraden Zahlen mit ihnen verbindet. Dieser Umstand, den er mit mehreren anderen Körpern, namentlich unter den Metalloïden, gemein hat, macht es häufig wünschenswerth, ein solches doppeltes Atom mit einem besonderen Zeichen ausdrücken zu können. Diess geschieht durch einen Strich, den man durch das untere Dritttheil des Buchstabens zieht, nämlich wie H. Das diesem Zeichen entsprechende doppelte Atomgewicht des Wasserstoffs ist 12,4795.

Einige Chemiker, namentlich englische, nehmen das doppelte Atomgewicht des Wasserstoffs als Einheit an, aus folgenden Gründen: 1) weil sie das Wasser als aus gleichen Atomen beider Elemente zusammengesetzt betrachten; 2) weil das Atomgewicht des Wasserstoffs von allen das niedrigste sei; und 3) weil sie vermuthen, die Atomgewichte aller übrigen Körper seien gerade Multipeln vom doppelten Atomgewicht des Wasserstoffs. Sehr viele nähern sich diesem Verhältniss, z. B. das des Sauerstoffs, welches, mit dem des Wasserstoffs, als Einheit, verglichen, 8,013 ist, was jene Chemiker gerade zu 8 annehmen. Am Schlusse der unorganischen Chemie werde ich indessen zeigen, dass dieses gerade multiple Verhältniss nicht von der Erfahrung bestätigt wird, so weit wenigstens die Genauigkeit bei den Analysen bis jetzt kommen konnte.

Das Wasserstoffgas ist leicht entzündlich und brennbar

und bei seiner Verbrennung wird Wasser gebildet. Dabei entbindet es, nach Despretz, so viel Wärme, als nöthig wäre, um das 315,2fache seines Gewichts Eis von 0° Temperatur zu schmelzen. Hält man an die Mündung einer mit Wasserstoffgas gefüllten Flasche einen brennenden Körper, so entzündet es sich und brennt mit einer schwachen, beim Tageslicht kaum sichtbaren Flamme zur Oeffnung der Flasche heraus. Diese Flamme ist völlig weiss, wenn das Gas völlig rein war, ausserdem ist sie bald bläulich, bald grün u. s. w. Mischt man das Wasserstoffgas in der Flasche mit atmosphärischer Luft und zündet es an, so verbrennt es auf einmal mit einem kleinen Knalle. Wenn man der Oeffnung einer Röhre, aus welcher Wasserstoffgas ausströmt, ein brennendes Licht nähert, so entzündet sich das Gas und brennt am Ende der Röhre mit einer kleinen, schwach leuchtenden Flamme.

Die Vereinigung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase fängt schon bei einer Temperatur an, die durchaus nicht bis zum Leuchten geht, so dass das Gemenge beider Gase schon durch einen heissen, aber nicht glühenden Platindrath entzündet werden kann. Man glaubte anfangs, dass hierbei die Temperatur des Platindrathes das hauptsächlich Wirksame sei. Erman fand, dass schon + 50° Temperatur im Platindrathe hinreichend ist, nach einigen Augenblicken die Entzündung des Gases zu bewirken; aber Döbereiner entdeckte im Jahre 1823, dass das Platin selbst dabei eine so grosse Rolle spiele, dass sich das Wasserstoffgas, wenn das Platin fein zertheilt ist, durch dessen Mitwirkung an der Luft entzünden kann, selbst bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkte. Zu diesem Endzwecke ist es aber erforderlich, dass das Platin, neben einem hohen Grade mechanischer Zertheilung, eine ganz reine Oberfläche habe. Um diese höchst interessante Erscheinung hervorzubringen, braucht man sich nur des schwammigen porösen Platins zu bedienen, wie man es durch Glühen von sogenanntem Platinsalmiak reducirt hat, und es mit einer kleinen Zange in einigem Abstande vor die Oeffnung einer Röhre zu halten, durch welche man Wasserstoffgas in die Luft ausströmen lässt. Das Platin wird im Augenblicke weissglühend, und kurz darauf entzündet sich das Gas, wobei sich die Temperatur des Platins wieder vermindert. Legt man das Platin auf den Boden eines Glases, in welches man Wasser-

stoffgas bläst, so sieht man, so wie das Metall zu glühen anfängt, die innere Seite des Glases sich mit Feuchtigkeit beschlagen, die durch Oxydation des Wasserstoffgases gebildet wurde. Die Erklärung hiervon ist, dass sich, durch eine Wirkung des Platins, deren Ursache wir noch nicht verstehen, der Sauerstoff der Luft mit dem ausströmenden Wasserstoffgase, an den Berührnngspunkten mit dem Metalle, verbindet, und dass durch die dabei entstehende Wärme das Metall zum Glühen erhitzt wird, indem diese endlich so hoch steigt, dass sich das Gas entzündet. Nachdem sich dieses entzündet hat, geht die Wärmeentwickelung in der Wasserstoffgas-Flamme vor sich, und nicht mehr auf dem Platin, was folglich zu glühen aufhört. Das Platin verliert diese Eigenschaft nach zwei oder drei Tagen, und während sie abnimmt, vermindert sich auch die Temperatur, bis zu welcher das Platin durch die Verbindung der Gase erhitzt wird, so dass wohl eine Verbindnng vor sich geht und Wasser gebildet, das Platin aber dadurch nicht so stark erhitzt wird, dass es glühet. Wird es in diesem Zustande zuvor erhitzt, so wirkt es mit um so grösserer Energie, es wird wieder durch das Gas glühend, und kann es entzünden. Diese Eigenschaft kommt jedoch nicht ausschliesslich dem Platin zu, aber dieses Metall scheint dieselbe in einem höheren Grade als irgend ein anderer Körper zu besitzen. Thénard und Dulong haben gezeigt, dass die Metalle Palladium, Rhodium und Iridium sie in fast gleichem Grade wie Platin haben, andere Metalle dagegen, z. B. Gold, Nickel und Osmium, in geringerem Grade, so dass sie entweder bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft die Vereinigung der Gase veranlassen, ohne glühend zu werden, oder bis zu einem gewissen Grade erwärmt werden müssen, ehe diese Wirkung eintrifft, was aber dann mit Energie geschieht. Auch nichtmetallische starre Körper, z. B. Kohle, Bimstein, Bergkrystall, Porzellan, Glas, haben alle die Eigenschaft, bei einer Temperatur unter + 350°, die Vereinigung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zu Wasser zu determiniren, jedoch ohne dadurch glühend zu werden, und ohne dass sich das Gas dadurch entzündet. Sie müssen dabei in Pulverform angewendet werden, und je scharfkantiger das Pulver ist, um so mehr Wasser wird unter übrigens gleichen Umständen gebildet. Flüssige Körper, z. B. Quecksilber, scheinen diese Eigen-

schaft bei Temperaturen unter + 350° nicht zu haben. Diese grössere Entzündlichkeit, in Berührung mit gewissen festen Körpern, ist auch nicht allein dem Wasserstoffe eigenthümlich, sondern allen andern brennbaren Gasen, obgleich keines von denen, die bis jetzt versucht wurden, diese Erscheinung so leicht hervorbringt, als das Wasserstoffgas. Sogar brennbare Körper scheinen, durch eine innige Mengung mit andern, weniger brennbaren einen höhern Grad von Entzündlichkeit zu erlangen, als wenn sie unvermengt sind *).

*) Diese Materie ist von so grossem Interesse, dass ich hier die specielleren Resultate von Thénard's und Dulong's vortrefflicher Untersuchung darüber anführen zu müssen glaube. Sie fanden, dass Platinschwamm (worunter ich die poröse zusammenhängende Platinmasse verstehe, welche beim Glühen des Platinsalmiaks zurückbleibt) bei gewöhnlicher Temperatur der Luft das Wasserstoffgas entzündet, nachdem sich dieses mit Luft vermischt hat. Das Metall wird dadurch zuerst glühend, und gleich darauf entzündet sich das Gas, wenn es hinreichend zuströmt. Mit Wasserstoffgas allein findet keine Temperatur-Erhöhung statt, und ist es mit einer geringen Menge Sauerstoffgas vermengt, so wird zwar die Temperatur des Platins erhöht und Wasser gebildet, aber das Gas nicht entzündet. Wird der Platinschwamm einer sehr starken Weissglühhitze ausgesetzt, wodurch er dichter wird, so verliert er das Vermögen, mit Wasserstoffgas glühend zu werden, veranlasst aber dennoch eine langsame Wasserbildung, aber ohne dadurch erhitzt zu werden. Diese Eigenschaft beruht nicht allein auf der Zertheilung des Metalles, sondern auch auf einer gewissen Beschaffenheit seiner Oberfläche, welche sich durch Aussetzen an die Luft allmählig verliert. Thénard und Dulong haben, um diess auszumitteln, das Verhalten des Platins bei verschiedenen Formen untersucht. Ein Platindrath von $\frac{1}{10}$ Millimeter Durchmesser, und zu einer Spirale von 100 Umwindungen gewunden, hatte, als sie eben gemacht war, keine Wirkung auf einen Strom von Wasserstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur der Luft; aber bei + 300° determinirte er die Oxydation des Wasserstoffgases. Wurde er dagegen mehreremal hinter einander geglüht, nachdem er jedesmal wieder erkaltet war, so hatte er um so viel gewonnen, dass er bei + 50° bis + 60° auf das Gas zu wirken anfing. Wurde er nun in Salpetersäure gelegt, darauf mit Wasser abgewaschen und bei + 500° getrocknet, so erlangte er das Vermögen, sich in einem Strome von Wasserstoffgas zu erhitzen, und wurde glühend, wenn der Strom stark war. Schwefelsäure und Salzsäure wirkten ähnlich, aber schwächer. Der Drath behielt diese Eigenschaft nur einige Stunden lang an der freien Luft, 24 Stunden lang aber in einem verschlossenen Gefässe. Die Beschaffenheit des Gefässes hat

Wenn eine 8 bis 12 Zoll lange und 1 bis 2 Linien im Durchmesser weite Glasröhre an dem einen Ende zu einer

---

daranf keinen Einfluss. Der Drath verlor diese Eigenschaft innerbalb 5 Minuten, wenn er, an einer Handhabe von Lack hefestigt, in isolirtes Quecksilber getaucht wnrde. Ein starker Strom von feuchter oder trockner atmosphärischer Luft, von Sanerstoffgas, Wasserstoffgas, oder koblensaurem Gas, zerstörte dieselbe in gleicher Zeit. Kali, Natron nnd Ammoniak entzogen dem Drathe diese Eigenschaft nicht. Sie erregten sie sogar wieder bei einem Drathe, welcher sie durch die angeführten Behandlungen mehreremal erlangt und wieder verloren hatte. Feilspäne von Platin, erbalten durch eine Feile von mittlerer Feinheit, hatten im ersten Augenhlicke, als sie abgefeilt waren, die Eigenschaft, unmittelbar auf den Wasserstoffgas-Strom zu wirken, sie nahm aher bei ihnen beständig ab, und hörte nach einer oder einigen Stunden ganz auf. Gelinde Glühung, oder nocb besser Behandlung mit Salpetersäure, erweckte sie wieder, und, in einem verschlossenen Gefässe aufbewahrt, hehielten sie dieselbe dann mebrere Tage lang. Darauf geblasene Luft zerstörte sie, obgleicb weniger schnell als beim Drathe. Unter Wasser ahgefeilt, waren die Platinspäne ganz ohne Wirkung. Feine Blätter von Platin (solche wie Blattgold) hatten im ersten Augenhlicke, als sie geschlagen waren, das Vermögen, bei gewöbnlicber Temperatur der Luft, auf das Wasserstoffgas zu wirken, verloren es aber innerhalb weniger Minnten. Sie nabmen es wieder in hohem Grade an, als sie in einem bedeckten Tiegel geglüht wurden, und behielten es, wenn, sie in einem bedeckten Gefässe aufhewahrt wurden, mehr als 24 Stunden lang; blieben sie an der Luft, so verloren sie es zugleich mit dem Verschwinden der durcb das Znsammendrücken im Tiegel entstandenen Falten, und neues Zusammenknittern stellte es nicbt wieder her. Platinschwamm behielt diese Eigenschaft länger als die vorigen an offner Luft, wovon wahrscheinlicb seine Textur, welche die innern Tbeile vor dem ungehinderten Einflusse der Luft schützt, die Ursache ist. Gelindes Glühen, oder Behandlung mit Salpetersäure, stellt wieder her, was er verloren hat. Einträńkung von Wasser, Zublasen von Wasserdämpfen schwächten nicbt sein Vermögen, nnd Zublasen von fenchter Luft verminderte es nicht mehr als trockene Luft. Platinpnlver, erhalten von Platinsalmiak, der vor dem Glühen mit Kochsalz zusammengerieben war, hatte dieselbe Eigenschaft wie der Platinscbwamm. Platinpulver, durcb Zink aus einer Auflösung von Platin gefällt, hatte diese Eigenschaft in höherem Grade und behielt sie heständiger als irgend ein anderes Platinpräparat. Palladinm, Rhodium nnd Iridinm, auf ähnliche Art, wie das Platin behandelt, hatten vollkommen dieselbe Eigenschaft. Nickel, welches durch Glühen von oxalsaurem Nickeloxyd in einer Retorte erbalten war, determinirte ebenfalls

feinen Spitze ausgezogen, das andere Ende aber mittelst eines gut schliessenden Korkes in den Hals einer Flasche eingepasst wird, aus welcher durch Eisen oder Zink mit verdünnter Schwefelsäure Wasserstoffgas entwickelt wird, und man dann das Gas am Ende der Röhre anzündet*), so entsteht ein starker Ton wie von einer Glasharmonika, sobald man einen kleinen, wohlgetrockneten Glascylinder (wie Fig. 9. Taf. II.) oder in Ermangelung dessen eine enge und lange Flasche über die Oeffnung hält; und dieser Ton wird tiefer oder höher, je nachdem der Cylinder tiefer oder höher gehalten wird. Dieser Cylinder braucht am oberen Ende gar nicht verschlossen zu sein, nur darf er keine zu weite Oeffnung haben. Dieses Phänomen hat man die chemische Harmonika genannt. Die Ursache dieser Erscheinung ist lange unbekannt gewesen, oder unrichtig erklärt worden, bis erst ganz neuerlich Faraday durch interessante Versuche bewiesen hat, dass sie von einer Reihe kleiner Explosionen herrührt, die so dicht auf einander folgen, dass sie einen zusammenhängenden Ton hervorbringen. Wenn die Flamme zu tönen anfängt, sieht man sie

bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft die Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff, aber langsam und ohne glühend zu werden, was auch schon Döbereiner beobachtet hatte. Von andern Materien, welche sie versuchten, wirkte keine bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft, aber viele bei höheren Temperaturgraden. Gold, durch Zink aus seiner Auflösung gefällt, und bei gewöhnlicher Temperatur der Luft getrocknet, bewirkte die Verbrennung des Wasserstoffs bei + 120°; war das Gold zuvor gelinde geglüht, so wirkte es bei + 55°. Osmium wirkte bei + 40° à + 50°. Silber, auf Zink gefällt und gelinde geglüht, wirkte bei + 150°; Gold in dünnen Blättern wirkte bei + 280°, als gewöhnliches Blattgold bei + 260°. Blattsilber wirkte nicht deutlich bei + 350°; über welchen Grad sie bei ihren Versuchen nicht gingen. — Diese Eigenschaft des Platinschwammes, in Berührung mit Wasserstoffgas glühend zu werden und dasselbe zu entzünden, hat man nun mit Erfolg zu einem, der elektrischen Lampe ähnlichen Feuerzeuge benutzt.

*) Dabei ist zu erinnern, dass das Gas nicht sogleich entzündet werden darf, weil sonst durch die in der Flasche enthaltene, mit dem Gase vermischte atmosphärische Luft eine Explosion entsteht, welche die Glasröhre gewaltsam herauswirft und dadurch Schaden verursachen kann. Man muss daher die Entwickelung des Gases eine Weile abwarten, ehe man es anzündet.

sie sich verlängern oder nach der Länge ausdehnen, als ob sie durch einen schnell aufsteigenden Luftstrom über die Oeffnung der Glasröhre hinausgetrieben würde; dabei mengt sich die Luft mit dem Gase dergestalt, dass das Gemenge, wenn es etwas höher hinauf kommt, wo die Flamme brennt, mit einer kleinen Verpuffung verbrennt, ganz so, wie es bei einem Flammenfeuer der Fall ist, wenn man heftig darauf bläst, nur dass der Ton, welcher in diesem Falle entsteht, von jenem verschieden ist. Eine nothwendige Bedingung zum Gelingen dieses Versuches ist, dass die Oeffnung der Röhre eng, und die Gasentwickelung bis zu einem gewissen Grade schwach sei; denn so lange das Gas mit einer starken Flamme brennt, entsteht kein Ton.

Mengt man zwei Maasstheile Wasserstoffgas in einer Flasche mit einem Maasse Sauerstoffgas und zündet das Gemenge an, so entsteht ein starker Knall. Man hat daher dieses Gemenge Knall-Luft genannt. Die Flasche muss bei diesem Versuche mit einem Handtuche umwickelt werden, weil sie möglicherweise zerschmettert werden könnte. Wenn man an die Oeffnung einer feuchten Ochsenblase einen metallenen Hahn befestiget, und dieselbe darauf mit Knall-Luft füllt, so kann man mittelst einer, in den Hahn gesteckten kleinen Thonpfeife Seifenblasen bilden, die in der Luft, wegen der grössern Leichtigkeit des in ihnen eingeschlossenen Wasserstoffgases, in die Höhe steigen, und beim Berühren mit der Lichtflamme oder einem brennenden Spane sich entzünden und mit einem starken Knalle verbrennen. Bläst man auf die Oberfläche des Seifenwassers eine grosse Menge kleiner Blasen zu einer Masse auf und zündet sie an, so entsteht ein so starker Knall, dass auf längere Zeit das Gehör betäubt wird. Es versteht sich von selbst, dass man bei diesem Versuche die Oeffnung des Pfeifenrohrs vor der Berührung des Feuers in Acht nehmen muss, weil sich sonst die Entzündung bis in die Blase selbst fortpflanzen würde.

Wenn man die Oeffnung einer mit Knall-Luft gefüllten Blase mit einem Korke verschliesst, in diesen zwei Glasröhren luftdicht einsetzt, durch welche zwei mit Wachs oder Siegellack eingeschmelzte Stahldräthe in die Blase geführt, und unten so gebogen sind, dass ihre Enden nur eine halbe oder ganze Linie von einander abstehen, wie in Fig. 10.

Taf. II.; so kann man die Knall-Luft durch einen elektrischen Funken, von beliebiger Entfernung aus, entzünden. Man kann die Blase im Freien, z. B. an einen Baum, aufhängen, und feine Messingdräthe von den in die Glasröhren eingeschlossenen Stahldräthen in das Zimmer leiten, wo die Elektrisirmaschine steht. Leitet man den einen dieser Dräthe zur äussern Belegung einer geladenen Flasche, und berührt den Knopf mit dem andern Drathe; so wird die Flasche durch die Messingdräthe entladen, so, dass ein kleiner Funke zwischen den Enden der Stahldräthe innerhalb der Blase überspringt und das Gas augenblicklich entzündet, welches mit einem starken Knalle verbrennt. Es bildet sich dabei eine stark leuchtende Feuermasse, von der Grösse und Gestalt der Blase, die besonders im Dunkeln ein sehr schönes Phänomen darbietet.

Schon der einfache elektrische Funke entzündet das Wasserstoffgas, wie wir z. B. an der elektrischen Pistole sehen. Dieses Instrument kann ganz einfach aus Holz in Gestalt einer Kanone oder Haubitze, wie Fig. 11. Taf. II., gemacht werden; in der Mitte derselben bringt man zwei einander gegenüberstehende Eisendräthe an, die sich auswendig in kleinen Bleikugeln endigen. Hält man nun an die eine dieser Bleikugeln den Finger, und nähert die andere dem Conductor einer Elektrisirmaschine oder dem Deckel eines Elektrophors, so springt der Funke innerhalb der Kanone zwischen den Dräthen über. Um die Kanone mit Gas zu füllen, hält man sie umgekehrt über die Oeffnung einer Flasche, in welcher man aus Eisenfeilspänen und verdünnter Schwefelsäure das Gas entwickelt, und verkorkt sie dann schnell. Wenn man nun den elektrischen Funken durchgehen lässt, so entzündet sich das Gas, und treibt den Pfropf mit einem Knalle und einer kleinen Flamme heraus. Bisweilen geschieht keine Entzündung, weil man die Kanone bei der Füllung zu lange über der Oeffnung der Flasche gelassen hat, und sie daher bloss Wasserstoffgas enthält, dann darf man nur in die Oeffnung derselben blasen, wonach der Funke wieder zünden wird, weil dem Wasserstoffgas dadurch wiederum der zum Verbrennen nöthige Sauerstoff beigemengt wird.

Ein anderes Instrument zur Entzündung des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken ist die elektrische

Lampe, deren Beschreibung man im letzten Th. Artikel: Lampe, finden wird.

Ein schöner Versuch, welcher die leichte Verbrennlichkeit und zugleich die grössere Leichtigkeit des Wasserstoffgases gegen die Luft beweist, ist folgender. Eine tubulirte Glasglocke wird über Wasser mit Wasserstoffgas gefüllt, und während dessen die Glocke allmählig so erhöht, dass ihr Rand im Wasserspiegel steht. Der Hals der Glocke wird hierauf geöffnet und das Gas angezündet. Es brennt mit schwacher Flamme aus der Oeffnung fort; sobald man aber die Glocke aus dem Wasser heraushebt, und dadurch Luft zutreten lässt, so steigt das Wasserstoffgas aus der oberen Oeffnung heraus, und brennt da mit einer 5, 6 bis 8 Zoll hohen Flamme, die nach einigen Augenblicken mit einem Knalle verlischt, ohne Schaden für die Glocke. Dieser Knall entsteht daher, dass die Luft, indem sie das Wasserstoffgas austreibt, sich nach und nach mit der untern Schicht desselben vermischt und eine Art Knall-Luft bildet, die sich bei der Annäherung an die Flamme entzündet und auf einmal abbrennt. Der Schall bei allen diesen Versuchen rührt davon her, dass das Wasser, welches durch die Verbrennung beider Gase entsteht, erhitzt und zu einem weit grösseren Volumen, als die Gase einnehmen, ausgedehnt, aber auch augenblicklich wieder abgekühlt wird, und dadurch einen leeren Raum bildet, den die Luft gewaltsam wieder ausfüllt. Er wird also ganz auf dieselbe Weise erzeugt, wie der Knall, welcher entsteht, wenn man den Deckel eines gut verfertigten Federköchers schnell abzieht.

Wenn man Knall-Luft zusammenpresst, z. B. mit der Compressionspumpe einer Windbüchse, so wird während des Zusammendrückens derselben so viel Wärme aus dem Gase entwickelt, dass das Gemisch sich dadurch entzündet, mit einem Knalle verbrennt, und das Gefäss zersprengt. Geschieht aber das Zusammenpressen langsam, so dass der Compressions-Apparat wieder abkühlen kann, wenn er warm zu werden anfängt, und besonders wenn man zuerst das Wasserstoffgas hineinbringt; so lassen sich diese Gase ohne alle Gefahr comprimiren. Dieser Umstand hat Veranlassung zur Erfindung eines merkwürdigen chemischen Instruments, des Newmann'schen Gebläses, gegeben, welches ich im letzten Theil, Artikel: Gasbehälter, näher beschrieben habe.

In diesem Instrumente wird das Knallgas zusammengedrückt, und dann durch ein ganz feines Rohr herausgelassen und an der Mündung desselben angezündet. Hier brennt es nun fort unter Erzeugung der grössten Hitze, welche sich durch Kunst nur hervorbringen lässt, so dass fast alle Körper, die man in die Flamme bringt, schmelzen oder verflüchtiget werden. Wenn das Rohr fein und enge genug ist, besonders dann, wenn man das Gas, ehe es in das Ableitungsrohr tritt, erst durch ein weiteres, mit runden Scheiben von feinem Metall-Gewebe einen Zoll lang ausgefülltes Rohr streichen lässt, so kann das Verbrennen des Gases nicht rückwärts wirken, weil die Gase durch die Metalle so abgekühlt werden, dass der Versuch ohne alle Gefahr vorgenommen werden kann. Verabsäumt man aber diese Vorsichts-Maassregeln, so kann der Behälter, worin das Gas eingeschlossen ist, mit einem furchtbaren Knalle zertrümmert und das Leben des Experimentators in Gefahr gesetzt werden.

Der Wasserstoff kann sich mit dem Sauerstoff in zwei verschiedenen Verhältnissen verbinden. Das erste Oxyd desselben ist das Wasser, welches aus 2 Volumen oder Atomen Wasserstoff und 1 Volumen oder Atom Sauerstoff, oder, dem Gewichte nach, aus 88,91 Theilen Sauerstoff und 11,09 Theilen Wasserstoff besteht. Das zweite Oxyd gehört zu derjenigen Klasse von oxydirten Körpern, die wir Superoxyde nennen, und besteht aus 1 Volumen Wasserstoff und 1 Volumen Sauerstoff oder, dem Gewicht nach, aus 94,13 Th. Sauerstoff und 5,87 Th. Wasserstoff. Ich werde beide unter dem Artikel: Wasser, beschreiben.

Die geringe Schwere des Wasserstoffgases gab Anlass zu den Luftschifffahrts-Versuchen, oder der Aëronautik. Lange schon pflegte man, zur Belustigung, mit Wasserstoffgas gefüllte Seifenblasen in der Luft emporsteigen zu lassen, bis es endlich den Gebrüdern Stephan und Joseph Montgolfier, Eigenthümern einer Papiermühle zu Annonay in Frankreich, gelang, durch erhitzte Luft eine kleine aërostatische Maschine aufsteigen zu lassen. Sie schrieben aber das Aufsteigen des Ballons weniger der erhitzten und dadurch specifisch leichter gewordenen Luft, als vielmehr einer eigenen leichteren Gasart zu, welche sich durch das Verbrennen aus gekämmter Wolle entwickeln sollte, die sie mit dem

Brennmateriale vermengten. — Professor **Charles** in Paris liess den ersten mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon aufsteigen, und **Pilâtre de Rozier** und der Marquis **d'Arlande** waren die ersten, die eine Luftfahrt wagten. Seitdem ist dieses physikalisch-chemische Schauspiel an den meisten Orten Europens nachgeahmt worden. Die zur Luftschifffahrt dienenden, mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons werden von Taffet gemacht, der erst gehörig zugeschnitten und nachher mit einem, aus Leinöl und Vogelleim zusammengekochten und dann mit Terpenthin verdünnten Firniss überstrichen wird. Die zugeschnittenen Stücke werden mit starken Näthen dicht zusammengenäht, und diese sodann mit demselben Firnisse gut überzogen. Der kleinste Taffet-Ballon, den man aufsteigen lassen kann, muss 3 Fuss 4 Linien im Durchmesser haben. Von Briefpapier kann man einen Ballon von 9 Zoll 2 Linien Durchmesser zum Aufsteigen bringen; allein er fällt bald wieder nieder, weil das Gas zu leicht das Papier durchdringt. Zu kleinen Versuchen macht man sie am besten aus Goldschlägerhäutchen, doch müssen sie wenigstens 6 Zoll und darüber im Durchmesser haben.

Ein Ballon kann nicht eher zu steigen anfangen, als bis er einen solchen Umfang erhalten hat, dass das eingeschlossene Gas und das Zeuch, woraus er besteht, zusammengenommen, weniger wiegen, als ein gleich grosses Volumen atmosphärischer Luft. Z. B. ein kleiner Aërostat von Goldschlägerhaut, von 6 Zoll Durchmesser, wird etwa 35 bis 36 Gran, das darin eingeschlossene Gas aber 5 Gran wiegen, und daher sein absolutes Gewicht nach der Füllung 41 Gran betragen. Das Volumen atmosphärischer Luft hingegen, welches diesen 5 Gran Wasserstoffgas nebst dem einschliessenden Häutchen entspricht, wiegt 50 bis 51 Gran, und da folglich der kleine Aërostat um 10 Gran leichter als die Luft ist, so muss er mit der Kraft dieser 10 Gran aufsteigen, und schon eine Last von einigen Granen tragen können. Je grösser der Ballon wird, desto mehr vermindert sich die Schwere des Zeuches, im Vergleich gegen das eingeschlossene Gas, und desto grössere Lasten kann er tragen. Ein Ballon von 20 Fuss Durchmesser hat Raum für 4190 Cubikfuss Wasserstoffgas, und trägt, ausser dem Ballon selbst, noch 255 Pfund, das Gewicht der Schnüre und der Gondel eingerechnet. Bei 30 Fuss Durchmesser fasst

er 14,142 Cubikfuss Gas und trägt 928 Pfund. Auf jeden Cubikfuss Gas rechnet man einen Verbrauch von 6 Unzen Eisen, 6 Unzen Schwefelsäure und 30 Unzen Wasser. — Die Gasentwickelung geschieht in grossen Tonnen, aus welchen das Wasserstoffgas mittelst verzinnter blecherner Röhren in einen, mit Wasser gefüllten, gemeinschaftlichen Behälter, unter eine umgestürzte Tonne geführt wird, wie Fig. 12. Taf. II. es darstellt. Das Wasser reiniget theils das Gas von den mitgerissenen Säuretheilchen u. s. w., theils verhindert es, dass, wenn etwa eine Tonne geöffnet wird, aus den übrigen nichts heraustritt. Aus der umgestürzten Tonne wird das Gas alsdann in den Ballon geleitet, der vorher von atmosphärischer Luft wohl befreit worden sein muss. Zu grösseren Ballons muss man 16 bis 20 dergleichen Tonnen anwenden, besonders wenn man mit dem Versuche schnell zu Stande kommen will, wobei aber allerdings bedeutender Verlust entsteht. Zur Auflösung in der Säure nimmt man gewöhnlich Nägel; allein das Gas, welches man auf diese Weise erhält, ist sehr schwer und selten über 6- bis 8mal leichter als die atmosphärische Luft. Neuerlich hat Green, ein Engländer, mit Vortheil das zur Gaserleuchtung dienende, durch Destillation von Steinkohlen erhaltene Gas zu Luftschiffungsversuchen benutzt. Ein Ballon von 3 Fuss Durchmesser, mit diesem Gase gefüllt, war 11 Unzen leichter als die atmosphärische Luft. Mit einem auf die oben angeführte Weise bereiteten Wasserstoffgas gefüllt, war der Ballon 17 Unzen leichter als die atmosphärische Luft. Die Kosten, ihn damit zu füllen, betrugen aber mehr als das 20fache.

Das Wasserstoffgas kann, weil es selbst brennbar ist, das Verbrennen anderer brennbarer Körper und das Athemholen der Thiere nicht unterhalten. Ein hineingehaltener brennender Span verlöscht darin sogleich. Sperrt man ein Thier in reinem Wasserstoffgase ein, so stirbt es zwar nicht augenblicklich; allein da sein Blut während des Athmens nicht die Veränderung, wie in der atmosphärischen Luft, erleidet, so wird es nach einer Weile krank und stirbt. Nimmt man dasselbe, noch ehe alle Zeichen des Lebens verschwunden sind, heraus, so kann es wieder in's Leben gebracht werden, besonders wenn man es in reines Sauerstoffgas bringt. In einer Atmosphäre, die aus Sauerstoffgas und, statt des Stickstoff-

gases, aus Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren. Allen und Pepys fanden, dass Meerschweine, die man in einer solchen Atmosphäre liess, endlich in einen tiefen Schlaf verfielen. Man hat Beispiele, dass Menschen, die längere Zeit ein Gemenge von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft einathmeten, davon jedesmal in Schlaf fielen. — Ist das Wasserstoffgas unrein, z. B. kohle- oder schwefelhaltig, so sterben die Thiere darin augenblicklich und können nicht wieder in's Leben gebracht werden. Menschen können ohne Nachtheil eine lange Weile Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält.

Ausser zur Füllung der Luftballons findet das Wasserstoffgas auch eine häufige und nützliche Anwendung als Brennmaterial in den Wasserstoffgas-Feuerzeugen. Auch wird es häufig bei chemischen Versuchen gebraucht, theils um Körper darin zu erhitzen, welche nicht in der Luft erhitzt werden dürfen, theils um vermittelst desselben gewisse Körper aus ihren Verbindungen mit Sauerstoff, Schwefel oder Chlor etc. abzuscheiden. In dieser Absicht erhitzt man solche Verbindungen in einem Strome von Wasserstoffgas; der Wasserstoff verbindet sich alsdann mit dem Sauerstoff, dem Schwefel oder dem Chlor, unter Bildung eines flüchtigen Produkts, welches weggeht, während der mit einem jener Stoffe verbunden gewesene Körper rein zurückbleibt. Zu diesen, sehr einfachen Versuchen nimmt man ein Stück von einer Barometerröhre und bläst es in der Mitte vor der Glasbläserlampe zu einer Kugel aus, in die man den, im Wasserstoffgas zu erhitzenden Körper legt. Diese Röhre wird alsdann, vermittelst einer Kautschukröhre (S. den Art. Röhre im letzten Th.) luftdicht an die Leitungsröhre des oben beschriebenen Entwickelungsapparates gebunden. Sobald aus dem Apparate die atmosphärische Luft ausgetrieben und derselbe mit durchströmendem Wasserstoffgas erfüllt ist, erhitzt man die Kugel durch eine darunter gestellte Weingeistlampe. Häufig ist es nothwendig, hierbei völlig trocknes Gas anzuwenden; in diesem Falle lässt man es zuvor durch eine mit geschmolzenem und gröblich zerstossenem Chlorcalcium gefüllte Röhre gehen. Von diesem Salz wird das im Gase ent-

haltene Wasser begierig aufgesogen. Wendet man, um das Gas von Schwefelwasserstoff zu befreien, Kalihydrat an, so hat man ausserdem nicht das Chlorcalcium nöthig, weil das Hydrat das Gas zugleich auch trocknet. Fig. 13. Taf. II. stellt einen solchen Apparat vor, a ist die Gasentwickelungs-Flasche, deren Leitungsröhre hier nur kurz zu sein braucht; bb sind die kurzen Kautschukröhren, welche luftdicht die Glasröhren verbinden und zugleich als biegsame Gelenke die Zerbrechlichkeit einer solchen Röhrenleitung bedeutend vermindern, c ist die mit Chlorcalcium oder Kalihydrat gefüllte Röhre; d die in der Mitte zur Kugel ausgeblasene Röhre, und e eine einfache Weingeistlampe auf einem Untersatz, der sich nach Bedarf höher oder niedriger stellen lässt.

2. Stickstoff.

Gleich dem Sauerstoff und Wasserstoff lässt sich auch der Stickstoff nur in Gasgestalt darstellen, und macht in diesem Zustande fast $\frac{4}{5}$ unserer Atmosphäre aus. Er ist übrigens ein Bestandtheil einiger Mineralkörper, mehrerer Vegetabilien und der meisten thierischen Körper.

Der Stickstoff macht den brennbaren Bestandtheil der Salpetersäure aus, deren Namen von Salpeter, einem Salze, abgeleitet ist, aus welchem dieselbe bereitet wird, daher auch der Stickstoff in der lateinischen Nomenklatur die Benennung *Nitrogenium* (salpetererzeugender Stoff) erhalten hat. Der Name Stickstoff (oder Azot, von α privativum, und ζοη, leben) ist davon hergenommen, dass dieses Gas, ohne Beimengung von Sauerstoffgas, das Leben nicht unterhalten kann.

Den Stickstoff kann man aus der atmosphärischen Luft, oder aus stickstoffhaltigen festen oder flüssigen Körpern abscheiden.

Um ihn aus der atmosphärischen Luft zu erhalten, muss man derselben das Sauerstoffgas entziehen. Ganz einfach geschieht diess dadurch, dass man eine gewisse Menge Luft mit einer Auflösung von Schwefelkalium schüttelt, bis ein Theil der Luft eingesaugt ist, und alsdann den übrigen Theil in ein anderes Gefäss leitet, worin man ihn mit Kalkwasser schüttelt, um ihn von einer kleinen Einmengung von Schwefelwasserstoff zu befreien.

Eine andere Art, aus der Luft Stickgas darzustellen, besteht darin, dass man in einen mit Wasser angefüllten flachen Teller eine passende, unverbrennliche Unterlage stellt, auf diese ein Stück Phosphor legt und denselben anzündet, indem man zugleich eine grosse Glasglocke darüber stellt. Bei dieser Verbrennung wird der grösste Theil des Sauerstoffgases vom Phosphor verzehrt, und der Ueberschuss davon, den man dabei gewonnen haben muss, verflüchtigt sich zuletzt als Dampf und verwandelt auch die letzten Spuren von Sauerstoff in Phosphorsäure, die man nach einer Weile durch Waschen des Gases mit einer schwachen Auflösung von Kalihydrat wegnimmt. Allein das so dargestellte Stickgas enthält Spuren von dampfförmigem Phosphor.

Die beste Art, Stickgas in grösserer Menge einigermaassen rein zu erhalten, ist, in liquides kaustisches Ammoniak (welches aus Wasserstoff und Stickstoff besteht) Chlorgas zu leiten, wobei sich dieses mit dem Wasserstoff zu einer Säure verbindet, die mit einem Theile des Ammoniaks in Verbindung tritt und ein Salz bildet, bekannt unter dem Namen Salmiak. Der Stickstoff dagegen, der sich vom Wasserstoff trennt, nimmt Gasgestalt an, entweicht aus der Flüssigkeit mit Aufbrausen, und kann aufgesammelt werden, wenn das Gas durch eine Glasröhre unter eine mit Wasser oder Quecksilber gefüllte Flasche geleitet wird. Wenn das liquide kaustische Ammoniak concentrirt und das Chlorgas rein ist, so sieht man oft die eingehenden Gasblasen das Ammoniak mit Feuerentwickelung und Hervorbringung von kleinen Explosionen innerhalb der Flüssigkeit zersetzen, welche indess ohne alle Gefahr sind, denen man aber vorbeugen kann, wenn das Ammoniak mit Wasser verdünnt wird Bei diesem Versuche muss man das Ammoniak stets im Ueberschusse anwenden, weil sich sonst, wenn alles Ammoniak in Salmiak verwandelt ist, auch der Stickstoff mit Chlor zu einem, beim Chlor zu beschreibenden Körper verbindet, der sehr gefährlich zu handhaben ist.

Das Stickgas kann auch in ziemlicher Menge und frei von allen fremdartigen Beimengungen gewonnen werden, wenn man salpetrigsaures Ammoniak, in Wasser aufgelöst, bis zum Kochen erhitzt, wobei das Salz zerlegt und in Wasser und Stickgas verwandelt wird.

Endlich giebt **Soubeiran** folgendes Verfahren als das wohlfeilste zur Darstellung des Stickgases an. In einem kleinen, Fig. 1. Taf. I. ähnlichen Apparate erhitzt man ein inniges Gemenge von 2 Theilen Salpeter mit 1 Theil Salmiak. Beide Salze zersetzen sich dabei gegenseitig; das Ammonium des Salmiaks wird zersetzt, indem sein Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Kali's und der Salpetersäure im Salpeter Wasser bildet, während der Stickstoff, sowohl der der Säure, als der des Ammoniaks, frei wird, und das Chlor sich mit dem Kalium zu Chlorkalium verbindet, welches im Apparate zurückbleibt. Das sich entwickelnde Stickgas ist übrigens mit Chlorgas, mit Chlorwasserstoffsäuregas und mit salpetriger Säure verunreinigt, von welchen allen man es durch Schütteln mit einem Gemenge von Wasser und gelöschtem Kalk (Kalkmilch) leicht befreit.

Das Stickgas ist schwer zu erkennen, weil es sich durch keine recht ausgezeichneten Merkmale von anderen Gasen unterscheiden lässt, sondern nur durch die ihm fehlenden Eigenschaften erkannt werden kann.

Das Stickgas ist farblos und geruchlos; es ist leichter, als die atmosphärische Luft; sein eigenthümliches Gewicht ist, nach **Dulong's** und meiner Wägung, = 0,976. Seine Strahlenbrechung verhält sich zu der der Luft = 1,03408 : 1,000, und seine absolute Strahlenbrechung beträgt 0,000590436 nach **Biot**. Seine eigenthümliche Wärme, mit einem gleichen Gewichte Luft verglichen, verhält sich wie 1,0247 : 1000, und mit einem gleichen Gewichte Wasser verglichen, = 0,2733.

Der Stickstoff kann das Verbrennen und Athmen nicht unterhalten, und eine atmosphärische Luft, die ihres Sauerstoffs beraubt ist, verlöscht brennende Körper und erstickt Thiere. Indessen wirkt das Einathmen des Stickgases nicht positiv tödtlich; ein Thier kann darin, wie im reinen Wasserstoffgase, eine Weile leben, und stirbt nicht zufolge der Schädlichkeit des Stickstoffs, sondern wegen Mangels des Sauerstoffs. Man glaubte einige Zeit lang, das Stickgas werde durch das Athmen vom Blute eingesogen; spätere genaue Versuche haben diess widerlegt. **Allen** und **Pepys** fanden bei den angeführten Versuchen, die sie über das Athmen der Meerschweinchen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas anstellten, dass Stickgas aus dem Blute

abdunste, und zuweilen betrug das so erhaltene Stickgas mehr als das Volumen des Thieres. Dulong und Despretz haben nachher gezeigt, dass, bei dem gewöhnlichen Athmen in der atmosphärischen Luft, Stickgas, wiewohl in kleiner Menge, immer aus dem Blute entwickelt werde.

Das Stickgas wird nur in sehr geringer Menge von Wasser und Alkohol eingesogen. Nach de Saussure's Versuchen, nehmen beide nur 4,2 Procent ihres Volumens davon auf. — Der Stickstoff ist an sich brennbar, unterscheidet sich aber von anderen brennbaren Körpern dadurch, dass er ohne Beimischung eines andern brennbaren Körpers sich nicht entzünden und verbrennen kann, weil er eine sehr schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, vielmehr alle Oxydationsstufen des Stickstoffs durch verwickelte Operationen, und gewöhnlich stets bei niedrigen Temperaturen und bei der Zerstörung thierischer Stoffe gebildet werden. Ist aber der Stickstoff einmal in Stickgas verwandelt, so ist es sehr schwer, ihn mit Sauerstoff zu verbinden.

Nach Cavendish kann man aus einem Gemenge von Sauerstoffgas und Stickgas Salpetersäure erzeugen, wenn man atmosphärische Luft mit 4mal so viel feuchtem Sauerstoffgas vermischt und elektrische Schläge hindurch leitet. Es verbrennt dann eine kleine Portion Stickstoff in dem Punkte, wo die Schläge durchgehen, und verwandelt sich in Salpetersäure, wobei eine geringe Menge des Gases verschwindet. Wenn man den elektrischen Schlag einige 100 Mal erneuert, so kann man auf diese Weise so viel Salpetersäure erzeugen, dass sie wahrnehmbar wird, und z. B. die Lackmustinktur röthet, oder, von einer Kaliauflösung eingesogen, salpetersaures Kali (Salpeter) giebt.

Die Ursache, warum hierbei nicht die ganze Menge Stickgas auf einmal, wie es beim Wasserstoffgas der Fall ist, sondern nur derjenige Theil verbrennt, durch welchen der elektrische Funke durchgeht, liegt darin, dass das Stickgas, wie alle andere brennbare Körper, eine höhere Temperatur zum Verbrennen erfordert; da nun durch die Vereinigung des Stickgases mit Sauerstoffgas die Temperatur wenig oder gar nicht erhöht wird, und nahe gelegene Theile des Gasgemenges also auch dadurch nicht erhitzt werden, so kann nur der Theil verbrennen, dessen Temperatur durch den

Schlag des Funkens unmittelbar erhöht wird. Ganz dasselbe tritt ein, wenn man einen geringen Theil Wasserstoffgas mit atmosphärischer Luft mengt und den elektrischen Schlag durchleitet. Die ganze Masse kann sich alsdann nicht entzünden, sondern nur derjenige Theil, durch welchen der Schlag durchgeht; denn die geringe Wärme, welche das verdünnte Wasserstoffgas vom Sauerstoffgas losreisst, wird sogleich von dem nächsten Gasgemenge wieder eingesaugt, wodurch das darin enthaltene Wasserstoffgas nicht bis zum Verbrennen hinreichend erhitzt werden kann.

Vermischt man dagegen 1 Gewichtstheil Stickgas mit 2 Gewichtstheilen Wasserstoffgas, das heisst, 1 Maass Stickgas mit 13 bis 14 Maassen Wasserstoffgas, und lässt dieses Gasgemenge in einer, zur Oxydation beider Gase hinlänglichen Menge Sauerstoffgas in kleinen Portionen verbrennen, so entzieht dabei der Wasserstoff dem Sauerstoff so viel Wärme, dass auch das Verbrennen des Stickstoffs dadurch unterhalten wird, und man ein Gemenge von Wasser und Salpetersäure erhält. Der Versuch gelingt am besten, wenn man beide Gasarten aus einem und demselben Rohre herausströmen lässt und sie in einem ähnlichen Apparat verbrennt, wie ich ihn beim Kapitel vom Wasser beschreiben werde. In diesen Fällen wirkt indessen ein bis jetzt noch nicht beachteter Umstand mit ein, dass nämlich Salpetersäure nur dann erzeugt wird, wenn Wasser oder ein anderer oxydirter Körper vorhanden ist, mit welchem sie sich verbinden kann, so dass es nicht bloss Erhöhung der Temperatur, sondern auch die Anwesenheit des Wassers ist, die ihre Bildung befördert.

In dem Umstande, dass durch die Vereinigung des Sauerstoffes mit dem Stickstoff die Temperatur nicht besonders erhöht wird, hat man die Ursache zu finden geglaubt, warum Körper, welche auf Kosten der Salpetersäure oder salpetersaurer Salze verbrennen, eine fast eben so hohe Temperatur entwickeln, als wenn sie im reinen Sauerstoffgase brennen.

Das Stickstoff-Atom wiegt 88,518 und wird durch N bezeichnet (von Nitrogenium). Es hat dieselbe Neigung wie der Wasserstoff, zu Doppelatomen in Verbindungen einzugehen. Sein Doppelatom, N̶, wiegt 177,036.

Der Stickstoff kann mehrere Mengen *Sauerstoff* aufnehmen; er hat 4 Oxydationsstufen: ein Oxydul, ein Oxyd, und zwei Säuren. Die beiden ersteren sind Gase; sie sollen, so wie die Säuren, weiter unten abgehandelt werden.

Mit *Wasserstoff* verbindet sich der Stickstoff in mehreren Verhältnissen, aber diese Verbindungen können nicht unmittelbar bewirkt werden. Die bekannteste ist das Ammoniak, welches aus 1 Volumen Stickstoff und 3 Volumen Wasserstoff besteht. Dieser Körper ist eine Salzbasis, d. h. er giebt Salze in Verbindung mit Säuren. Durch die Wirkung der Entladung der elektrischen Säule kann das Ammoniak an dem negativen Pole noch ein Volumen Wasserstoff mehr aufnehmen, und bildet dann einen zusammengesetzten metallischen Körper, der indess nur in Verbindung mit Quecksilber erhalten werden kann. Sowohl das Ammoniak als den metallischen Körper, der aus demselben entsteht, werde ich bei den alkalibildenden Metallen beschreiben. Hier will ich nur auf den Umstand aufmerksam machen, dass Stickstoff mit Sauerstoff eine der stärksten Säuren, und mit Wasserstoff ein Alkali, das heisst, einen in elektrisch-chemischer Hinsicht den Säuren ganz entgegengesetzten Körper, bildet. Durch dieses Verhältniss unterscheidet sich der Stickstoff von allen andern brennbaren Körpern, und es ist diess ein Räthsel, das wir noch nicht zu lösen vermögen. Wir werden bald Körper kennen lernen, welche sich sowohl mit Wasserstoff als Sauerstoff verbinden können und bei denen sich diese beiden Verbindungen wie Säuren verhalten. Wir müssen also da fragen, was kann die Ursache sein, dass der Stickstoff, in Verbindung mit Wasserstoff, seine Natur verändert?

Schon längst hat man die Frage aufgestellt, ob der Stickstoff ein einfacher Körper sei, oder nicht; auch ist sie bis jetzt noch nicht hinlänglich entschieden. Göttling und Böckman haben Versuche angestellt, die zu beweisen schienen, dass der Phosphor in reinem Stickgas leuchte und dass sich dabei phosphorige Säure bilde. Spätere Erfahrungen haben gezeigt, dass der Phosphor in reinem Stickgas verdunstet, und dabei allerdings so lange leuchtet, bis die Verdunstung aufgehört hat; allein so oft man dabei die Bil-

dung von phosphoriger Säure beobachtete, konnte man auch nachweisen, dass atmosphärische Luft Zutritt gehabt hatte.

Einige Betrachtungen über die bestimmten Verhältnisse, in denen sich die oxydirten Basen mit den Säuren verbinden, veranlassten bei mir die Vermuthung, das Ammoniak, welches aus Stickstoff und Wasserstoff besteht, könne eine sauerstoffhaltige Salzbase sein, deren Radical aus Sauerstoff und einem, für sich noch nicht dargestellten, sehr brennbaren Körper bestehe, für den ich den Namen Nitricum vorschlug. Von diesem Nitricum wäre dann der Stickstoff ein Oxyd, welches sein halbes Volumen Sauerstoff enthielte. Bei dem Kapitel vom Ammoniak werde ich aber zeigen, auf welche Weise diese Verhältnisse, ohne die Annahme eines Sauerstoffgehalts im Stickstoff, besser zu erklären sind. Um indessen keinen der Umstände zu verschweigen, welche in diesem Fall in unser Urtheil Ungewissheit bringen, muss ich auch der Schlüsse erwähnen, welche man aus der Entwickelung des Stickstoffs in dem Körper der Thiere, besonders der pflanzenfressenden, gezogen hat. Diese leben von einer Nahrung, in welcher der Stickstoff gewiss keineswegs fehlt, in welcher er aber doch nicht in so bedeutender Menge enthalten zu sein scheint, als dem reichen Stickstoffgehalt entspricht, welchen wir in den im thierischen Körper gebildeten Stoffen finden, und welcher nachher theils als Stickgas durch den Athmungsprozess, theils in anderen Excretionen, namentlich im Harn, dessen Hauptbestandtheile, der Harnstoff und die Harnsäure, die stickstoffreichsten thierischen Materien sind, aus dem Körper wieder weggeschafft wird. Um aber aus allen diesen Wahrscheinlichkeiten den Schluss ziehen zu können, dass der Stickstoff in Folge des Lebensprozesses aus Materien gebildet werde, welche ihn zuvor nicht enthielten, ist es erforderlich, dass eine scharfe, mit aller Umsicht angestellte und lange fortgesetzte Vergleichung zwischen dem Gehalt von Stickstoff in der Nahrung eines Thieres und in den Stoffen, welche vom Körper ausgesondert werden, angestellt werde. So lange diess nicht geschehen ist, können Wahrscheinlichkeiten leicht irre führen; aber es fehlt wenigstens nicht an Gründen, von einer solchen Vergleichung wichtige Resultate erwarten zu dürfen.

3. Schwefel.

Der Schwefel kommt sehr häufig in der Natur vor; theils rein, in fester Form, und in länglichen Octaëdern oder in anderen, aus diesen entspringenden Gestalten krystallisirt; theils verbunden mit Metallen, theils mit Sauerstoff in verschiedenen schwefelsauren Salzen, und theils mit anderen einfachen Körpern als Bestandtheil von Pflanzen- und Thierstoffen, in welcher letzterer Gestalt er jedoch nur in sehr geringer Menge vorkommt.

Der Schwefel wird zum Theil aus dem natürlich vorkommenden gewonnen, so wie er sich rein in vulcanischen Gegenden findet, zum Theil aus seinen Verbindungen mit Metallen, namentlich aus der mit Eisen, abgeschieden. Das Schwefeleisen kommt ziemlich häufig in der Natur vor und wird Schwefelkies genannt. Den Schwefel erhält man daraus durch Destillation in grossen, länglichen, cylindrischen Gefässen, die theils aus Eisen, wie auf dem Schwefelwerke zu Dylta in Schweden, theils aus Töpfergut, wie an mehreren Orten Deutschlands, verfertiget sind. Diese werden in einem besonders dazu errichteten Ofen in horizontaler Stellung eingemauert, und an der Oeffnung derselben kleine eiserne Kolben eingekittet. Wenn der Schwefelkies in diesen Destillations-Gefässen bis zu einem gewissen Grade erhitzt ist, verflüchtigt sich ein grosser Theil seines Schwefels und sammelt sich in den kleinen kühl gehaltenen Eisenkolben an. Nebenbei sickert ein Theil Schwefel durch die Masse des Kolbens durch. Dieser heisst Tropfschwefel und ist ganz rein. Der im Kolben selbst angelegte Schwefel wird nachher herausgenommen, umgeschmolzen und in besonderen Holzformen zu Stangen ausgegossen. Diess ist der im Handel vorkommende Stangenschwefel.

Zu Fahlun und bei Oester-Silfberg, in Dalekarlien, wird der Schwefel auf eine weit ökonomischere Weise bereitet, welche, da sie nunmehr bekannt worden ist, die zu Dylta gebräuchliche, unnöthigerweise Holz verwüstende Methode wohl verdrängen wird. Man setzt nämlich den Schwefelkies in eigene Oefen ein, welche lange, liegende Schornsteine haben, die zunächst am Ofen von Ziegeln gemauert, übrigens aber

aus Holz gebaut sind. Die Schwefelkiese werden im Ofen angezündet und brennen dann von selbst fort. Durch die dabei erzeugte Hitze wird der Schwefel ausgetrieben und folgt dem aufsteigenden Rauche, setzt sich aber in den Holzschloten, durch welche er ziehet, ab. Im Schwefelkiese ist das Eisen mit zwei Antheilen Schwefel vereiniget, wovon der eine Theil durch Erhitzung ausgetrieben werden kann. Wird der Schwefelkies unten angezündet, so wird in der zunächst darüber befindlichen Schicht die eine Hälfte des Schwefels ausgetrieben, welcher als Dampf weggeht, und hierauf, wenn die Hitze näher kommt, entzündet sich und verbrennt das Eisen zugleich mit der anderen Hälfte des Schwefels, und durch die hierdurch erregte Hitze destillirt der Schwefel aus dem zunächst darüber liegenden Schwefelkiese, was auf ähnliche Art immer weiter aufwärts geht, so lange noch etwas vom Kiese unverbrannt zurück ist. Wenn diese Operation ohne allen Verlust vor sich ginge, so würde die eine Hälfte des Schwefels in dem Rauchfange sublimirt erhalten werden, während ein grosser Theil von der andern, in schwefligsaures Gas verwandelt, wegginge; aber man erhält weit weniger Schwefel, als die Theorie voraussetzt, weil viel davon verbrennt. Der erhaltene Schwefel ist mehlförmig und sehr unrein. Er wird durch Destillation in eisernen Gefässen gereinigt.

In manchen Gegenden von Sicilien und Italien findet sich der natürliche oder gediegene Schwefel in solcher Menge, dass er bergmännisch gewonnen und als Handelswaare ausgeführt wird; und zwar theils ohne weitere Reinigung, theils nach vorgängiger Destillation, welche in irdenen Krügen geschieht, von deren oberem Theile ein gekrümmtes Rohr ausgeht, welches den verflüchtigten Schwefel in eine, stets kühl gehaltene Vorlage führt.

Der Schwefel hat eine schöne hellgelbe Farbe, und der krystallisirte ist durchscheinend bis durchsichtig. Der Stangenschwefel ist zuweilen hellgrau und häufig sehr unrein.

Der Schwefel hat grosse Neigung, zu krystallisiren, und kann dabei, nach Mitscherlich's Versuchen, zwei verschiedene, von einander unabhängige Formen annehmen. Die eine ist ein längliches Octaëder mit rhombischer Basis; so ist der gediegene Schwefel krystallisirt, und solche Krystalle erhält man auch, wenn Schwefel in Schwefelkohlenstoff oder erwärm-

erwärmtem Chlorschwefel aufgelöst und erstere Auflösung langsam verdunstet, oder letztere erkaltet. Diese Krystalle sind immer durchsichtig. Die andere Form ist ein schiefes Prisma mit rhombischer Basis*), und wird erhalten, wenn Schwefel geschmolzen, und, nachdem er auf der Oberfläche und an den Seiten erstarrt ist, in die erstarrte Fläche ein Loch gemacht wird, wodurch man schnell den noch flüssigen Theil ausfliessen lässt; die innere Seite der Masse findet man alsdann mit langen prismatischen Krystallen bekleidet. Sie sind undurchsichtig, wie Stangenschwefel und überhaupt wie aller zu schnell fest gewordener Schwefel.

Das specifische Gewicht des reinen Schwefels ist 1,98; das des unreineren aber geht bis zu 2,35. Er ist hart, giebt einen eigenen Geruch beim Reiben, und einen schwachen Geschmack, wenn man ihn lange auf der Zunge behält. Durch Reiben wird er elektrisch und bei schneller Erwärmung zerspringt er in Stücke. Daher knistert ein Stück Schwefel, wenn man es in die warme Hand nimmt. Der Schwefel schmilzt bei + 108°, und ist alsdann und bis zu + 140° dünnflüssig, hellgelb und durchsichtig. Indem man ihn stärker erhitzt, wird er bei + 160° braun, dick und zähe, und verliert zwischen + 220° und 250° seinen flüssigen Zustand fast gänzlich, so dass man das Gefäss umkehren kann, ohne dass er herausfliesst. Dabei ist seine Farbe so tief roth geworden, dass er fast schwarz aussieht. Beim Erkalten verschwindet die dunkle Farbe wieder, und er nimmt wieder seinen flüssigen Zustand an. — Schmilzt man den Schwefel lange, oder setzt ihn schnell einer

*) Zur richtigen Beschreibung der Krytallform eines Körpers ist es nothwendig, die Winkel des Krystalls, das heisst die Neigung der Flächen gegen einander, anzugeben. Die Kenntniss von den Krystallformen der Körper ist in neueren Zeiten, sowohl für den Chemiker als den Mineralogen, äusserst wichtig geworden, und macht ein ganz eigenes Studium aus. In diesem Werke gebe ich nur im Vorbeigehen das Allgemeine der Krystallformen an, wenn solches erforderlich ist, und verspare die besondere, genauere Beschreibung für den Anhang im letzten Theile, Artikel: Krystallographie, welchen einer der vorzüglichsten Krystallographen unserer Zeit, Hr. Professor Mitscherlich, für dieses Werk auszuarbeiten, mir die Freundschaft erzeigen wird.

sehr erhöheten Temperatur aus, und giesst ihn dann in Wasser, so erhält man eine weiche braune Masse, die erst nach einiger Zeit ihre Farbe und Festigkeit wieder erlangt. Man kann dieselbe formen und zu Münzabdrücken gebrauchen, welche in der Luft allmählig erhärten; sein specifisches Gewicht soll sich dann bis zu 2,32 erhöhen. Nach Marx geht die Erkaltung des Schwefels sehr ungleichmässig vor sich. Von + 187° bis 151° nimmt seine Temperatur, bei gleichen Zeiträumen, immer mehr und mehr ab; aber unter + 151° erkaltet er, wie gewöhnlich, in gleichen Zeiträumen, immer langsamer, je mehr sich seine Temperatur der des umgebenden Mediums nähert. Zwischen + 104° und 99° fängt er an zu erstarren, und in demselben Augenblick steigt seine Temperatur um 10° und erhält sich auf diesem Punkt, bis der grösste Theil der Masse erstarrt ist. Alsdann sinkt die Temperatur sehr rasch bis zu 100°, worauf die Erkaltung gleichmässiger und wie gewöhnlich geschieht. Beim Erstarren zieht sich der Schwefel bedeutend zusammen.

Erhitzt man den Schwefel in bedeckten Gefässen bis zu + 316°, so geräth er in's Kochen und verwandelt sich in ein orangegelbes Gas, welches sich bei dieser Temperatur gasförmig erhält. Mehrere Metalle brennen in diesem Gase, wie in Sauerstoffgas, und einige, welche nicht in Sauerstoff brennen, brennen lebhaft im Schwefelgase, z. B. Kupfer und Silber. Wenn man in einem langhalsigen Glaskolben Schwefel erhitzt, und, nachdem der Kolben mit Schwefelgas erfüllt ist, dünne Bleche oder Blätter von Silber oder Kupfer hineinbringt, so entzünden sich dieselben und verbrennen, und das Produkt ist eine Verbindung von Schwefel mit dem Metalle. Die Ursache des Feuers ist hier dieselbe, als wenn Körper in Sauerstoff brennen. Hare hat eine Methode aufgefunden, um mit Leichtigkeit diese Verbrennung der Metalle in Schwefelgas zu zeigen. Man nimmt ein Flintenrohr, erhitzt das Schwanzschraubenende zum Glühen, und wirft ein Stück Schwefel hinein, der sich sogleich in Gas verwandelt. Man verkorkt die Oeffnung, wodurch dann das Gas langsam durch das Zündloch herausgeblasen wird. Hält man nun einen Metalldrath davor, so entzündet er sich, brennt und verwandelt sich in Schwefelmetall. Das Schwefelgas

brennt selbst in Berührung mit der Luft, und dadurch wird das Metall hinlänglich stark erhitzt, um sich in dem noch unverbrannten Theile zu entzünden. Die Verbrennung von Eisendrath auf diese Weise ist besonders glänzend. — Das Schwefelgas, entweder durch kalte Luft, oder durch Berührung von kalten Körpern condensirt, setzt sich in Form eines hell citrongelben Mehles ab, welches man Schwefelblumen nennt. In mehreren Ländern wird der Schwefel durch Destillation im Grossen gereinigt. Um ihn dabei in Mehlgestalt, als Schwefelblumen, zu erhalten, wird er in eisernen Kesseln geschmolzen und das sich daraus entwickelnde Schwefelgas durch einen kurzen Kanal in eine verschlossene, gemauerte Kammer geleitet, in welcher es sich mit kalter Luft vermischt und dadurch als feines Mehl verdichtet und niedergeschlagen wird. Versucht man hingegen, den Schwefel in einer Retorte zu destilliren, so geht er in flüssige Gestalt über und erstarrt in der Vorlage zu einer festen gelblichen Masse. Die Schwefelblumen sind reiner Schwefel, der indessen mechanisch mit etwas Schwefelsäure verunreinigt ist, welche sich beim Verbrennen des Schwefels, auf Kosten der Luft, erzeugt hat. Daher reagiren alle Schwefelblumen auf Lackmuspapier sauer, und bisweilen sind sie so sauer, dass sie feucht werden und in der Luft zusammenbacken. Will man daher vollkommen reinen Schwefel haben, so muss man sie vorher mit warmen Wasser waschen und trocknen. Diess ist z. B. nothwendig, wenn man die Schwefelblumen zu mancherlei elektrischen Versuchen anwenden will.

An mehreren Orten Deutschlands erhält man Schwefel beim Rösten arsenikhaltiger Erze. Dieser Schwefel ist von Arsenik verunreiniget, und wenn man ihn zur Bereitung von Schwefelblumen anwendet, so werden diese giftig. Indessen braucht man deshalb nicht mehr in Besorgniss zu sein, da dergleichen Schwefel nicht mehr gebraucht wird.

Streicht man Schwefel im Dunkeln auf einen warmen Ziegelstein oder einen andern erwärmten Körper, der aber nicht so heiss ist, dass er den Schwefel entzünden kann, so bricht eine blaue, hohe, aber äusserst schwache Flamme hervor, die einen eigenen Geruch verbreitet. Diese Flamme entsteht indessen, so viel man jetzt weiss, durch kein Verbrennen, sondern begleitet bloss die Verdunstung des Schwe-

fels; denn wenn man einen kalten Körper in das obere Ende der Flamme hält, so setzen sich Schwefelblumen daran ab.

Dieselbe Feuererscheinung, welche entsteht, wenn sich Metalle im Schwefelgase entzünden und brennen, findet auch mit den meisten Metallen statt, wenn sie als feines Pulver mit Schwefel gemengt und erhitzt werden. Zuerst schmilzt der Schwefel, und dann geht nach einigen Augenblicken die Verbindung vor sich, wobei die Masse aufschwillt und glühend wird. Der Schwefel verbindet sich dabei mit den Körpern meistens nach gleichen multipeln Verhältnissen wie der Sauerstoff, und es nimmt dabei ein Metall doppelt so viel Schwefel als Sauerstoff auf, so dass ein gegebenes Gewicht eines Metalles, wenn es in seinem Oxyde 100 Gewichtstheile Sauerstoff aufnimmt, im Schwefelmetall mit 201,16 Th. Schwefel verbunden ist. Diese Zahl ist das Atomgewicht des Schwefels. Es wird durch S bezeichnet; das Doppelatom durch $\bar{S}$. Wenn der Schwefel als elektronegativer Bestandtheil Verbindungen eingeht, so pflegt man seine Atome durch Commata auszudrücken, nach denselben Regeln, wie man die des Sauerstoffs mit Punkten bezeichnet. Wenn z. B. Fe ein Atom Eisen bedeutet, so bedeutet $\acute{F}$ ein Atom Eisen mit einem Atom Schwefel, und $\overset{\prime\prime\prime}{\bar{F}e}$ ein Doppelatom Eisen mit 3 Atomen Schwefel.

Wie schon erwähnt wurde, erzeugt der Schwefel, indem er sich mit anderen Körpern vereinigt, Verbindungen, die theils den vom Sauerstoff gebildeten Säuren, theils dessen Salzbasen analog sind, und die sich unter einander zu einer eignen Klasse von Salzen verbinden können. Die allgemeine Benennung für die elektronegativen Schwefelverbindungen ist Sulfide (*Sulfida*); die elektropositiven dagegen heissen Schwefelbasen (*Sulfureta*).

Mit *Sauerstoff* verbindet sich der Schwefel in mehreren Verhältnissen; aber nur eine Verbindungsstufe entsteht durch Verbrennung des Schwefels in der Luft oder in Sauerstoffgas, nämlich das schwefligsaure Gas. Der Schwefel hat 4 bekannte Oxydationsgrade, welche alle Säuren sind, und in welchen sich die Mengen des Sauerstoffs, auf ein gegebenes Gewicht Schwefel, verhalten wie 1, 2, 2½ und 3, oder wie 2, 4, 5, 6.

Mit dem *Wasserstoff* bildet der Schwefel eine eigene Säure, die **Schwefelwasserstoffsäure**, (**Wasserstoffsulfid**)

deren nachher unter den Wasserstoffsäuren ausführlicher erwähnt werden soll. Die Verbindung geht nicht unmittelbar vor sich, so dass man Schwefel in Wasserstoffgas schmelzen und sublimiren kann, ohne sie zu erhalten. Aber wenn ein Schwefelmetall in einer verdünnten Säure aufgelöst wird, und das Metall, wenn es sich auf Kosten des Wassers oxydirt, seinen Schwefel an demselben Punkte, wo es Wasserstoff entwickelt, frei werden lässt, so verbinden sich beide zu Schwefelwasserstoff. Es ist sehr häufig der Fall, dass sich die Körper in isolirter Gestalt nicht mit einander verbinden, dass sie aber sogleich die Verbindung eingehen, wenn sich beide im Entstehen berühren. Man nennt diess den Entstehungszustand (*status nascens*). — Selbst der Stangenschwefel enthält einen kleinen Antheil Wasserstoff, der nicht durch Schmelzen abgeschieden werden kann, und der ungefähr 0,004 vom Gewichte des Schwefels beträgt. Er offenbart sich als Wasser, wenn Schwefel mit einem wasserfreien Metalloxyde vermischt und erhitzt wird. — Eine andere Verbindung von Schwefel mit einem geringen Antheile Wasserstoff erhält man, wenn Schwefel mit kohlensaurem Alkali zusammengeschmolzen, die geschmolzene Masse in Wasser gelöst und die Auflösung dann mit einer Säure vermischt wird. Der Schwefel fällt dabei in Form eines weissen Pulvers nieder, welches, gewaschen und getrocknet, in der Pharmacie *Sulphur praecipitatum* (Schwefelmilch) genannt wird. Wird er geschmolzen, so entweicht etwas Schwefelwasserstoffgas, und der Schwefel wird nach dem Erkalten gelb und eben so, als wie vor der Verbindung mit dem Alkali. — Es giebt noch eine andere Verbindung von Schwefel mit Wasserstoff in Form eines ölartigen Liquidums, wovon ich beim Schwefelwasserstoffe reden werde.

Man kennt keine Verbindung des Schwefels mit Stickstoff.

Der Schwefel ist auflöslich in alkalischer Lauge, in Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel, ferner in Steinöl, fetten Oelen, und unter gewissen Umständen auch in Alkohol und Aether, wie an seinem Orte beschrieben werden soll.

Er wird zu mannigfaltigem Behufe in den Künsten und Gewerben angewendet, so wie auch in der Heilkunst als inneres und äusseres Mittel.

4. Phosphor.

Den Namen Phosphor (Lichtträger) hat dieser Körper von seiner Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten, erhalten. Er kommt in der Natur niemals für sich vor, sondern muss künstlich dargestellt werden. Der Phosphor findet sich als Bestandtheil verschiedener Mineralien, der meisten Pflanzen und aller Thiere, bei welchen letzteren er sich in besonderer Menge in den Knochen vorfindet.

Der Phosphor wurde im Jahre 1669 zu Hamburg von einem bankerotten Kaufmann, Namens Brand, entdeckt, der seine Darstellung lange geheim hielt. Da er indessen nicht verheimlichen konnte, dass er ihn aus Harn gewann, so versuchte auch Kunkel, ein damaliger Chemiker, ihn hervorzubringen. Diess glückte ihm auch, und die Darstellung des Phosphors wurde nach und nach immer bekannter, bis Marggraf, und zuletzt Scheele, eine vortheilhaftere Darstellung desselben aus einem richtigeren chemischen Gesichtspunkte lehrten.

Seine Darstellung geschieht fabrikmässig. Sie erfordert einen hohen und anhaltenden Wärmegrad, und es ist daher schwierig, taugliche Gefässe dazu zu erlangen. Im Kleinen macht man den Phosphor aus Phosphorsäure, deren Bereitung ich weiter unten beschreiben werde. Drei Theile geschmolzene und wieder erstarrte Phosphorsäure werden in einem erhitzten Glas- oder Porphyrmörser schnell gepulvert, und mit einem Theile fein gestossener Holzkohle gemengt. Man bringt hierauf das Gemenge so schnell, als möglich, in eine auswendig mit Thon und Sand beschlagene gläserne, oder noch lieber in eine Porzellan-Retorte. Der Hals derselben wird in einen kleinen Glaskolben geführt, der so weit mit Wasser gefüllt ist, dass die Mündung des Halses davon bedeckt wird. Die Retorte wird dann in einen guten Zugofen eingelegt und vorsichtig bis zum vollen Weissglühen erhitzt. Hierbei verbindet sich die Kohle mit dem Sauerstoff der Phosphorsäure theils zu Kohlensäure, grösstentheils aber zu Kohlenoxydgas, welche beide als Gas entweichen, der Phosphor aber wird frei und destillirt in Tropfen über, welche im Wasser niederfallen und erstarren. Gegen den Schluss

der Arbeit geht zugleich eine brennbare Gasart mit über, die einen unangenehmen Geruch hat und vielen Phosphor enthält.

Man kann auch Phosphor erhalten, wenn man frischen Harn mit salpetersaurem Bleioxyd, oder salpetersaurem Quecksilber fällt, dann den Niederschlag, der aus einer Verbindung der Phosphorsäure mit dem angewandten Metalloxyd besteht, mit $\frac{1}{4}$ Kohlenpulver mengt und auf die vorhergehende Weise übertreibt. Das phosphorsaure Blei erfordert indessen eine so hohe Temperatur, dass der Versuch in Glasgefässen niemals glückt. Es ist daher besser, bei kleinen Versuchen den Niederschlag mit Quecksilber zu machen, weil dieses leichter reducirt wird.

Wenn der Phosphor während der Destillation nicht im Wasser aufgefangen und abgekühlt wird, so entzündet er sich in der Vorlage und verbrennt, wobei das Gefäss von der Hitze zersprengt wird.

Mit den geringsten Kosten erhält man den Phosphor aus verglastem sauren phosphorsauren Kalk, welcher mit Kohlenpulver gemengt, und in einer passenden Vorrichtung destillirt wird. Im Grossen wird er stets aus diesem Salze bereitet, und zwar auf die Weise, dass man eine syrupsdicke Auflösung desselben mit so viel Kohlenpulver mengt, bis sie zu einer halbtrockenen Masse geworden ist, die man dann gut durcheinander arbeitet und in einem eisernen Topfe, unter stetem Umrühren, trocknet. Man sieht die Masse nicht eher als getrocknet an, als bis sie dunkel geglüht hat, wo man sie dann abkühlt, und so schnell als möglich in eine steinerne Retorte bringt, die vorher mit feuerfestem Thone beschlagen worden ist. Statt einer Vorlage kittet man ein Kupferrohr an, welches weit genug ist, um den Hals der Retorte umfassen zu können, und dieses Rohr wird einige Zoll weit vom Retortenhalse so umgebogen, dass ein Theil davon gerade niederwärts geht. Dieser niedersteigende Schenkel des Rohres wird in eine Flasche mit weiter Oeffnung geführt, welche man so weit mit Wasser gefüllt hat, dass dasselbe eine, oder ein paar Linien höher als die Oeffnung des Rohres steht, welche daher unter dem Wasserspiegel sich befindet. Die Flasche wird um das Rohr herum mit einer Korkscheibe verschlossen, durch welche nebenbei eine dünne

Glasröhre hineingesteckt wird, um den bei der Destillation sich entwickelnden Gasarten einen Ausweg zu verschaffen. Die Retorte wird in einen Ofen eingesetzt, der mit einem gewölbten Aufsatz versehen ist, der über und um die Retortenkugel gestellt werden kann, so dass diese auf allen Seiten erhitzt wird. Das Anfeuern geschieht anfangs äusserst langsam, so dass die Retorte etwa in 4 Stunden erst zum Glühen kommt; dann giebt man aber so lange volles Feuer, als man noch etwas Phosphor durch das Kupferrohr in das Wasser herabfallen sieht, was, nach der Grösse der Retorte, 15, 24 bis 30 Stunden fortdauern kann. Eine Retorte, die zwei Quart fasst und mit jenem kohlenhaltigen Gemenge ziemlich angefüllt ist, kann ungefähr ein Pfund Phosphor geben.

Eine noch vortheilhaftere Methode zur Darstellung des Phosphors möchte endlich die von Wöhler vorgeschlagene sein, welche wenigstens bei Versuchen im Kleinen ein günstiges Resultat gab. Man vermischt Beinschwarz, d. h. Pulver von verkohlten Knochen, die ein inniges Gemenge von Kohle mit phosphorsaurem Kalk sind, mit feinem Quarzsand und noch etwas Kohlenpulver, und setzt das Gemenge in feuerfesten thönernen Cylindern einer sehr hohen Temperatur aus. An die Mündung der Cylinder ist ein gebogenes kupfernes Rohr angebracht, welches mit dem andern Schenkel in ein Gefäss mit Wasser taucht. Diese Operation gründet sich darauf, dass die Kohle, wiewohl sie für sich nicht den phosphorsauren Kalk zu zersetzen vermag, diess doch bei Gegenwart der Kieselerde bewirkt, die sich mit der Kalkerde zu verbinden strebt. Da nun die Phosphorsäure nicht mehr durch die Verwandtschaft dieser letzteren vor der Einwirkung der Kohle bewahrt ist, so entstehen Kohlenoxydgas und Phosphor, die entweichen, und eine Verbindung von Kieselerde mit Kalkerde, die in den Cylindern zurückbleibt *).

---

*) Das bei der Darstellung des Phosphors sich entwickelnde Gas besteht aus Kohlensäuregas, welches durch Kalkwasser entfernt werden kann, und einer andern, unangenehm phosphorartig riechenden, mit Phosphorflamme brennenden Gasart, welche bei ihrer Verbrennung, ausser Phosphorsäure, auch Kohlensäure und Wasser bildet. Dieses Gas, welches von Trommsdorff für ein eigenthümliches phosphorhaltiges Kohlenwasserstoffgas betrachtet wurde, möchte indessen nur aus einem Gemenge von Kohlenoxydgas mit

Den erhaltenen Phosphor formt man auf folgende Weise in Stangen. Man zerschneidet ihn nämlich unter Wasser und legt ihn in eine Barometerröhre, oder noch lieber in eine conische Röhre, verschliesst die engere Oeffnung derselben gut mit einem Korke, giesst dann auf den Phosphor Wasser, und stellt die Röhre in ein Gefäss mit kochend heissem Wasser. Der Phosphor schmilzt dabei und bildet eine Stange, die nach dem Erkalten herausgenommen wird. Die Unreinigkeiten, die er etwa enthält, und die grösstentheils aus kohlehaltigem Phosphor bestehen, fliessen beim Schmelzen heraus und können dann abgesondert werden. Sonst pflegte man ihn theils noch einmal zu destilliren, theils unter warmen Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder zu pressen. Ist der Phosphor sehr roth, so muss man ihn erst in etwas erwärmtem ätzenden Ammoniak, und dann in warmen Weingeist schmelzen, wodurch er seine helle und klare Farbe erhält.

Der Phosphor hat eine blass gelbliche Farbe und ist durchscheinend. Er nimmt selten eine regelmässige Krystallform an, kann aber zum Krystallisiren gebracht werden, wenn man in einem bedeckten Gefässe in kochendheisser Naphtha soviel Phosphor auflöst, als darin löslich ist, und dann die Auflösung langsam abkühlen lässt, wodurch derjenige Theil des Phosphors, welchen die kochendheisse Naphtha mehr, als kalte, aufgelöst behalten kann, sich in Krystallen absetzt. Mitscherlich hat gezeigt, dass die Krystallform des Phosphors ein reguläres Dodecaëder ist. Nach seiner Angabe erhält man ihn dadurch am leichtesten krystallisirt, dass man Schwefel mit mehr als seinem doppelten Gewichte Phosphor zusammenschmilzt und unter Wasser langsam erkalten lässt, wobei ein Theil des Phosphors in ziemlich grossen, durchsichtigen, schwach gelblichen Krystallen anschiesst.

Thénard hat eine Eigenthümlichkeit in der Aggregation des Phosphors entdeckt, die darin besteht, dass er bei plötz-

---

etwas Phosphorwasserstoffgas oder etwas Wasserstoffgas, in welchem Phosphor verdampft ist, bestehen. Durch die Entstehung dieses Gases, indem es so viel Phosphor gasförmig mit wegführt, wird übrigens die Ausbeute an Phosphor ziemlich vermindert; daher man versucht hat, dasselbe in einem Apparate zu verbrennen, in welchem man wenigstens die sich bildende Phosphorsäure aufsammeln kann.

licher Abkühlung, indem er z. B. in geschmolzenem Zustande in eiskaltes Wasser gegossen wird, durch dieses augenblickliche Festwerden eine schwarze Farbe annimmt, dieselbe aber wieder beim Schmelzen verliert. Ferner zeigt der Phosphor das Eigenthümliche, dass er, unter gewissen Umständen nach dem Schmelzen, nachher selbst bei gewöhnlicher Lufttemperatur flüssig bleibt. Destillirt man ihn z. B. in einer gebogenen Glasröhre, so erstarren die Tropfen, auch nach dem völligen Erkalten, nicht eher, als bis man sie berührt; und wenn man Phosphor, wie bei einer Bereitungsart des Phosphorwasserstoffgases geschieht, mit kaustischer Kali-Auflösung gekocht hat, so bleibt er nach dem Erkalten noch mehrere Tage lang flüssig, erstarrt aber plötzlich, so wie man die alkalische Flüssigkeit davon abgiesst.

Im geschmolzenen Zustande ist der Phosphor vollkommen klar und durchsichtig; beim Festwerden aber wird er unklar. Bei gewöhnlicher Sommertemperatur der Luft ist er weich und biegsam wie Wachs; beim Gefrierpunkte ist er spröde und im Bruche krystallinisch. Wegen dieser Weichheit lässt sich der Phosphor nicht auf gewöhnliche Weise pulvern. Diess bewirkt man indessen, wenn man ihn in einer Flasche in lauem Wasser schmilzt und so lange damit schüttelt, bis er wieder erkaltet ist. Beide verwandeln sich beim Schütteln in feine Tropfen und die des Phosphors können sich natürlicherweise nach dem Erstarren nicht wieder vereinigen. Die feinsten Theilchen werden abgeschieden, und mit den gröberen das Verfahren wiederholt. Noch besser soll es mit Alkohol, statt Wasser, gelingen.

Sein specifisches Gewicht beträgt 1,77. In freier Luft stösst er weisse Dämpfe aus, die einen eigenthümlichen, fast knoblauchartigen Geruch haben und im Dunkeln leuchten. Sie rühren von einer Art langsamer Verbrennung her, weshalb der Phosphor stets unter Wasser in verschlossenen Gefässen aufbewahrt werden muss, wodurch der Zutritt der Luft zu ihm abgehalten wird. In verschlossenen Gefässen schmilzt der Phosphor bei + 35°,8, und wird farblos, dehnt sich plötzlich, kurz vor dem Schmelzen, um 3,14 p. C. von seinem Volumen aus, nach Erman d. j., fängt bei + 103° an, sich in einem leichten Rauche zu verflüchtigen, kommt endlich bei + 290° in's Ko-

chen und destillirt aus einem Gefässe in das andere über. Der Dampf oder das Gas des Phosphors ist ungefärbt.

Das Licht bringt eine eigene Veränderung im Phosphor hervor, deren innere Natur unbekannt ist und wobei, soviel man bis jetzt in Erfahrung gebracht, sein Gewicht nicht verändert wird. Der Phosphor wird nämlich durch das Licht geröthet, und diess geschieht nicht nur im luftleeren Raume, und selbst in der Leere des Barometers, sondern auch im Stickgas, Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas, unter Wasser, Spiritus, Oel und anderen Flüssigkeiten; und wenn man den Phosphor, in Aether, Oel oder Wasserstoffgas aufgelöst, dem Sonnenlichte aussetzt, so wird er sogleich als rother Phosphor daraus abgeschieden. Sehr leicht ist er dieser Veränderung im violetten Lichte, oder in Gefässen von violettem Glase unterworfen. Das Sonnenlicht schmilzt den Phosphor leicht im Stickgase, nicht aber im Wasserstoffgase, und im leeren Raume des Barometers sublimirt er sich in Gestalt glänzender rother Schuppen.

Das Atomgewicht des Phosphors kommt dem des Schwefels sehr nahe; es ist 196,143, und wird durch P bezeichnet. Selten aber geht der Phosphor anders als zu Doppelatomen in Verbindungen ein. Ᵽ wiegt 392,285.

Mit *Sauerstoff* verbindet sich der Phosphor in verschiedenen Verhältnissen. Wenn Phosphor der offnen Luft ausgesetzt wird, so bildet sich auf seiner Oberfläche ein Dampf, der im Dunkeln leuchtet und aus phosphoriger Säure besteht. Beim Tageslichte sieht man diese Dämpfe der phosphorigen Säure unaufhörlich von dem Phosphor heruntersinken.

Bei einer Kälte von mehreren Graden erleidet der Phosphor keine Veränderung, allein schon bei einem oder einigen Graden unter dem Gefrierpunkte fängt er schwach an zu leuchten, und leuchtet bei einigen Graden darüber schon stärker. Schreibt man mit ein wenig Phosphor auf schwarzen oder blauen Grund, so werden die Buchstaben leuchtend und geben einen leuchtenden Rauch von sich. Das Licht wird bald schwächer und verschwindet, kommt aber auf einige Augenblicke wieder zum Vorschein, wenn man mit der Hand über die Schrift hinfährt. Am besten erhält sich die leuchtende Schrift, wenn man sie zwischen zwei Glasscheiben legt, wo sie 20 bis 30 Minuten ununterbrochen fortleuchtet, und

wenn auch das Licht schon einmal aufgehört hat, so kommt es doch wieder zum Vorschein, wenn man die Vorrichtung an einen warmen Stubenofen hängt. Dieses Licht wird von einiger Wärme begleitet und ist eine Art des Verbrennens, bei welchem Sauerstoff eingesogen wird. Geschieht der Versuch in eingeschlossener Luft, so hört das Licht auf, sobald der Sauerstoff verzehrt ist. In freier Luft überzieht sich der Phosphor mit sauren Tropfen von phosphoriger Säure, welche daher entstehen, dass die neugebildete phosphorige Säure aus der Luft Wasser an sich zieht, und tropfbarflüssig wird. Diese phosphorige Säure ist jedoch nicht rein, sondern mit Phosphorsäure gemengt, wie ich weiter unten bei dieser zeigen werde.

Im reinen Sauerstoffgas kann der Phosphor nicht leuchten, bevor er nicht bis zu $+ 24^0$ bis $+ 28^0$ erwärmt wird; dann leuchtet er aber desto stärker und entzündet sich leicht. Wird das Gas abgekühlt, so hört das Leuchten auf, beginnt aber sogleich von Neuem, wenn man etwas Stickgas hinzulässt. Sauerstoffgas, worin man bei niedriger Temperatur Phosphor verwahrt, riecht nach diesem und leuchtet schwach, wenn es im Dunkeln mit atmosphärischer Luft gemengt wird. Diess hat darin seinen Grund, dass sich der Phosphor für sich nicht bei niedrigeren Wärmegraden im Sauerstoffgas oxydirt, sondern nur darin verdunstet. Kommt das mit Phosphordämpfen beladene Sauerstoffgas mit Luft in Berührung, so bildet sich durch eine noch nicht ermittelte Mitwirkung des Stickgases phosphorige Säure, und in Folge hiervon das Licht. Hierbei findet indessen noch der sonderbare Umstand statt, dass gewisse Gase oder Dämpfe von flüchtigen Körpern, wenn sie der Luft beigemengt werden, die Oxydation des Phosphors gänzlich verhindern, ohne dass sie sich dabei, so viel man weiss, weder mit der Luft noch dem Phosphor verbinden. Nach Graham kann Phosphor in atmosphärischer Luft, die mit einem gleichen Volumen eines Kohlenwasserstoffgases, des sogenannten ölbildenden Gases, gemengt ist, bis zu $+ 100^0$ erhitzt werden, ohne weder zu leuchten, noch sich zu entzünden. Bei $+ 13^0$ wird das Leuchten des Phosphors in der Luft von $\frac{1}{450}$ des Luftvolumens ölbildendem Gas, von $\frac{1}{150}$ Aetherdampf, von $\frac{1}{1820}$ Steinöldampf, und von $\frac{1}{4444}$ Terpenthinöldampf verhindert. Es wird dabei kein Sauerstoff aus

der Luft aufgesogen, und ihr Volumen vermindert sich nicht bemerkbar in 24 Stunden. Auch Chlorgas, Schwefelwasserstoffgas und Alkoholgas verhindern, wiewohl in geringerem Grade, das Leuchten des Phosphors. Dagegen wird es nicht verhindert von Chlorwasserstoffsäuregas, von dampfförmigem kohlensaurem Ammoniak oder Campher. Dabei bietet die Verbrennung des Phosphors das Sonderbare dar, dass er sich leichter in einer verdünnten Luft, als in der von gewöhnlichem Druck entzündet. Daher müssen diese Gase, wenn sie die Oxydation des Phosphors verhindern sollen, bei verdünnter Luft in einem grösseren Verhältniss vorhanden sein. Graham fand, dass, wenn die Luft um $\frac{1}{6}$ verdünnt wird, ein Procent ölbildendes Gas zur Verhinderung des Leuchtens erforderlich sei; würde sie zur Hälfte verdünnt, so seien 2 Procent, zu zwei Drittheil $3\frac{1}{3}$ p.C., und bis zu $\frac{9}{10}$ verdünnt, seien 10 p.C. ölbildendes Gas erforderlich. — Diese Eigenschaft des Phosphors, sich in verdünnter Luft leichter zu entzünden, wurde zuerst von van Marum beobachtet.

In verdünnter Luft, z. B. unter der Glocke einer Luftpumpe, entzündet sich der Phosphor von selbst, wenn er mit Harz gemengt, und auf etwas Baumwolle gelegt wird, und brennt mit einer schwachen, aber hohen Flamme. Dieser Versuch gelingt nicht, wenn die Stiefel der Luftpumpe nicht weit sind, und die Verdünnung nicht schnell vor sich geht. Man kann auch auf einen, bereits luftleer gemachten Recipienten ein kleines Gefäss aufschrauben, welches den Phosphor enthält, und die Verbindungsröhre zwischen beiden öffnen, wodurch die Entzündung ebenfalls statt findet. Anstatt des Harzes kann man auch Schwefel anwenden. Bestreut man eine trockene Stange von Phosphor stellenweise mit Harz oder Schwefel, und bringt sie dann unter den Recipienten der Luftpumpe, so bemerkt man, dass, beim Auspumpen der Luft, der Phosphor auf den bestreuten Stellen mehr zu leuchten anfängt, und dass dieses Leuchten mit der Verdünnung der Luft zunimmt, bis sich der Phosphor endlich entzündet. Die Ursache dieser Wirkung des aufgestreuten Schwefel- oder Harz-Pulvers oder der Einhüllung in Baumwolle, blieb lange unbekannt, bis Bache zeigte, dass die meisten Pulver, z. B. von Kohle, Schwefelmetallen, Salzen, Kalk, Kreide, Alkali, womit der Phosphor stellenweise bestreut wird, schon in Luft von ge-

wöhnlichem Druck an der Stelle, wo sie liegen, eine Temperatur-Erhöhung veranlassen, wodurch der Phosphor daselbst zu schmelzen anfängt; und dass, wenn die Lufttemperatur + 16° und darüber ist, er sich auch bei gewöhnlichem Druck auf einem dieser Punkte entzündet, besonders beim Bestreuen mit Kohlenpulver.

Wenn Phosphor in einer Flasche unter Wasser aufbewahrt wird, so oxydirt er sich auf Kosten der im Wasser enthaltenen atmosphärischen Luft theils zu Oxyd, theils zu phosphoriger Säure, und das Wasser wird säuerlich. Dieses Wasser besitzt die sonderbare Eigenschaft, dass es in einer wohl verkorkten Flasche leuchtet, so oft es darin umgeschüttelt wird, und bisweilen, ohne wahrnehmbare äussere Ursachen, einen schnell vorübergehenden Schein von sich giebt. Wenn man aus schwarzem Papier eine Figur ausschneidet und diese dann auf eine solche Flasche klebt, so erscheint im Dunkeln eine leuchtende Figur, wenn die Flasche geschüttelt wird. Wenn man den Pfropf öffnet, oder nicht fest schliesst, so verschwindet das Leuchtungs-Vermögen des Wassers augenblicklich, und kehrt erst dann wieder zurück, wenn die Flasche wieder eine Zeit lang luftdicht verschlossen gestanden hatte. — Auch dieses ist eine noch nicht erklärte Erscheinung.

Wird der Phosphor in freier Luft bis zu + 75° erhitzt, so entzündet er sich und brennt mit starker Flamme und dickem Rauche. Bei dieser Verbrennung entbindet der Phosphor, nach W e l t e r, aus einer gegebenen Menge Sauerstoff 2mal so viel Wärme als der Wasserstoff oder Kohlenstoff. Dieser Rauch, der dabei wie Schnee herunterfällt, ist **Phosphorsäure**, die sich aus der Flamme in fester Gestalt absetzt. 100 Theile Phosphor nehmen dabei 128 Th. Sauerstoff auf. In der phosphorigen Säure verbindet sich der Phosphor nur mit $\frac{3}{5}$ dieser Quantität, oder mit 76,9 Theilen Sauerstoff. Der Phosphor hat noch niedrigere Oxydationsstufen, eine Säure, in welcher er nur $\frac{1}{5}$ so viel Sauerstoff, als in der Phosphorsäure, aufnimmt, und ein oder zwei Oxyde; aber man weiss noch nicht, in welchem Verhältnisse der Sauerstoff in den letztgenannten enthalten ist.

Durch Reiben entzündet sich der Phosphor leicht; man muss sich daher bei Versuchen damit in Acht nehmen, dass man Phosphorstückchen nicht zwischen den Fingern oder an

wollenen Sachen, z. B. an Tuch oder grauem Löschpapiere, reibt, weil dadurch leicht Unglück entstehen kann.

Phosphorwasserstoff. Mit dem Wasserstoff lässt sich der Phosphor nicht unmittelbar verbinden. Er verdampft bloss in diesem Gase, dessen Volumen dadurch etwas vergrössert wird, und ertheilt ihm die Eigenschaft, beim Vermischen mit atmosphärischer Luft im Dunkeln leuchtend zu werden.

Man war früher der Meinung, Phosphor und Wasserstoff könnten sich in mehreren Verhältnissen mit einander zu selbstständigen Gasen verbinden; allein zufolge neuerer Untersuchungen müssen diese alle, wie es scheint, auf eine einzige Verbindung zurückgeführt werden.

Gengembre entdeckte im J. 1783 ein Gas, welches sich an der Luft von selbst entzündete; er erhielt es durch Kochen von Phosphor mit einer Auflösung von reinem Kali. Es erregte grosse Aufmerksamkeit; allein man fand, dass es beim Aufbewahren, sowohl über Quecksilber als über Wasser, jene Eigenschaft verlor; und da sich dabei nicht selten ein Anflug von Phosphor auf dem Glasgefässe oder der Sperrungsflüssigkeit zeigte, so nahm man an, dass es dabei zu einem Gas mit geringerem Phosphorgehalt reducirt werde. Später entdeckte Davy, dass sich beim Kochen einer concentrirten Auflösung von phosphoriger Säure ein Phosphorwasserstoffgas entwickelt, welches sich nicht von selbst an der Luft entzündet, und welches keines der zuvor bekannten zu sein schien. Die relative Zusammensetzung dieser Gase wurde nun von mehreren Chemikern zu bestimmen gesucht. Unter diesen Untersuchungen zeichnen sich besonders die von Dumas und H. Rose aus. Dumas glaubte zu finden, das von Davy entdeckte Gas bestehe aus 1 Atom Phosphor und 3 Atomen Wasserstoff, das selbstentzündliche aber aus 1 Atom Phosphor und 2 At. Wasserstoff. Rose dagegen fand, dass das selbstentzündliche Gas aus 1 Atom Phosphor und 3 Atomen Wasserstoff besteht, während dagegen das von Davy entdeckte weniger Wasserstoff zu enthalten schien, wiewohl niemals so viel weniger, dass es nur 2 At. Wasserstoff auf 1 Atom Phosphor entsprach; es schien demnach ein Gemenge von zweien Gasen zu sein. Durch erneuerte, mühsame Untersuchungen glückte es endlich Rose, zu beweisen, dass alle diese, dem Anschein nach so verschiedenen Gase durchaus gleiche Zusammensetzung haben und

also nur verschiedene isomerische Modificationen ausmachen. Auch gelang es Rose, nach Willkühr das eine in das andere umzuwandeln. Wir haben also gegenwärtig nicht mehr als ein einziges Phosphorwasserstoffgas, aber unter zwei Modificationen, nämlich das selbstentzündliche und das nicht selbstentzündliche.

Selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas. Für die Bereitung dieses Gases hat man mehrere Methoden. Nach H. Rose bringt man in eine kleine, mit einer Gasleitungsröhre versehene Retorte (Fig. 1. Taf. II.) ein Gemenge von pulverigem gelöschtem Kalk (trockenem Kalkhydrat) mit einem grossen Ueberschuss sehr kleiner Phosphorstückchen, und erwärmt die Retorte, zuerst in kochendem Wasser, darauf über einer kleinen Lampe. Das sich entwickelnde Gas wird über Quecksilber oder Wasser aufgefangen, welches letztere man zuvor, zur Austreibung von atmosphärischer Luft, einige Zeit lang gekocht hat, und worin man auch bis zur Sättigung Kochsalz aufgelöst haben kann, um das Gas darin weniger auflöslich zu machen. Zu Anfang der Operation entwickelt sich dasselbe sehr rein; in dem Maasse aber, als die Menge des Phosphors im Kalke sich zu vermindern anfängt, und die Temperatur sich erhöht, entwickelt sich auch freies Wasserstoffgas, dessen Menge zu Ende der Operation bedeutend zunimmt. Die Bildung des Phosphorwasserstoffgases in diesem Falle gründet sich darauf, dass sich ein Theil des Phosphors auf Kosten des im Kalkhydrat enthaltenen Wassers oxydirt, und eine Säure bildet, die sich mit der Kalkerde verbindet; während der Wasserstoff dieses Wassers, indem er im Entstehungszustande mit geschmolzenem Phosphor in Berührung kommt, sich mit diesem letzteren zu Phosphorwasserstoff verbindet. Darum ist es auch nöthig, einen grossen Ueberschuss von Phosphor anzuwenden.

Nach Thomson erhält man dieses Gas ebenfalls sehr leicht, wenn man, in dem Fig. 8. Taf. II. abgebildeten Apparat, auf Phosphorcalcium verdünnte Chlorwasserstoffsäure giesst. Das Calcium verbindet sich in diesem Falle mit Chlor, und der Wasserstoff der Säure mit Phosphor. Das entwickelte Gas enthält, nach Versuchen von Dumas, ungefähr 13 Procent seines Volumens freies Wasserstoffgas.

Gengembre bereitete dieses Gas, indem er in einer Retorte Phosphor mit einer starken Auflösung von kaustischem Kali

Kali kochte. Hierbei oxydirt sich der Phosphor auf Kosten des Wassers zu unterphosphoriger Säure, die sich mit Kali sättigt, während der freiwerdende Wasserstoff, indem er mit geschmolzenem Phosphor in Berührung kommt, sich damit verbindet. Das auf diese Weise bereitete Gas enthält, nach Dumas, 50 bis 63 Procent seines Volumens freies Wasserstoffgas. Ausserdem ist dieses Verfahren noch mit der Schwierigkeit verknüpft, dass häufig im Augenblick, wo sich das Gas zu entwickeln anfängt, eine starke Detonation in der Retorte entsteht, wodurch diese zwar gewöhnlich nicht zersprengt, die Operation aber doch verdorben wird, weil sich die Retorte sogleich mit Wasser erfüllt, welches sie aus dem Gefässe, in welches ihr Hals oder die Mündung der Leitungsröhre taucht, einsaugt.

Das Phosphorwasserstoffgas ist farblos. In Berührung mit der atmosphärischen Luft entzündet es sich von selbst und verbrennt mit der gewöhnlichen Flamme des Phosphors. Jede Blase von diesem Gas, wenn sie auf der Oberfläche von Wasser oder Quecksilber zerplatzt, entzündet sich mit einer kleinen Explosion, und bildet dabei einen schön verwebten Ring von weissem Rauch, der rasch in der Luft emporsteigt und sich erweitert. Selbst bei einer Erniedrigung der Temperatur bis zu — 15° entzündet sich das Gas noch von selbst, auch wenn es sehr viel freies Wasserstoffgas enthält. Lässt man Blasen von Phosphorwasserstoffgas in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Glocke steigen, so verbrennen sie darin mit einem ausserordentlichen Glanz. Zuweilen aber entzünden sich dabei einige nicht, indem sie zerplatzen; alsdann bewirkt die nächst kommende, sich entzündende eine Explosion, die zwar gewöhnlich gefahrlos bleibt, dennoch aber Vorsicht erfordert.

Dieses Gas verbreitet, wenn sich eine Blase davon in der Luft nicht entzündet, einen sehr üblen Geruch, nicht unähnlich dem von faulen Fischen. Die Angaben über die Quantität, welche Wasser von diesem Gase aufzulösen vermag, variiren zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{50}$ seines Volumens; welche Verschiedenheiten in dem ungleichen Zustand von Reinheit des Gases, nämlich der Ab- oder Anwesenheit von mehr oder weniger freiem Wasserstoffgas, ihren Grund haben. Die Auflösung hat denselben Geruch wie das Gas, und einen unangenehmen Geschmack. Im Dunkeln ist sie nicht leuchtend, und in ver-

schlossenen Gefässen bleibt sie unverändert. Durch Kochen wird das Gas wieder unverändert ausgetrieben.

Das Phosphorwasserstoffgas verbindet sich weder mit den Alkalien noch den Erden; allein mehrere Metall-Auflösungen, z. B. die von Kupfer, Blei, Zinn, Silber, werden sowohl von dem Gas, als seiner Auflösung in Wasser, zersetzt, unter Bildung von braunen oder schwarzen Niederschlägen. Dieselben sind Verbindungen der Metalle mit Phosphor, aber in veränderlichen Proportionen, da die Reduction des Metalls eben sowohl durch den Phosphor als den Wasserstoff bewirkt wird, und sich zugleich Wasser und Phosphorsäure bildet.

Schwefel, den man in diesem Gas erhitzt, verwandelt sich in Schwefelwasserstoffgas, unter Abscheidung des Phosphors. Kalium, darin erhitzt, verbrennt, unter Erzeugung von Phosphorkalium und Zurücklassung von reinem Wasserstoffgas.

Nicht selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas. Man erhält es durch Erhitzen einer sehr concentrirten Auflösung von phosphoriger oder unterphosphoriger Säure in einer Retorte. Bei Anwendung von phosphoriger Säure erhält man nur $\frac{1}{4}$ von dem in derselben enthaltnen Phosphor in Phosphorwasserstoffgas verwandelt; $\frac{3}{4}$ davon werden zu Phosphorsäure. Bei Anwendung von unterphosphoriger Säure dagegen wird die eine Hälfte ihres Phosphorgehalts in Phosphorwasserstoffgas, und die andere in Phosphorsäure verwandelt. Es wird dabei Wasser zersetzt, welches den mit dem Phosphor verbundnen Wasserstoff im Gase liefert. Das auf diese Weise dargestellte Gas ist sehr rein, wenn man nicht unnöthigerweise die Temperatur erhöht hat, wodurch ein Theil des Gases in zurückbleibenden Phosphor und entweichendes freies Wasserstoffgas zersetzt wird. Wiewohl sich dieses Gas nicht von selbst an der Luft entzündet, so bekommt es doch diese Eigenschaft und explodirt, wenn man es mit Luft vermischt und schnell ausdehnt; eine Erscheinung, die zuerst von Houtou-Labillardière beobachtet wurde und die man auf folgende Weise bewerkstelligt: Man vermischt das Gas in einem Glascylinder über Quecksilber mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas, und umgiebt das Gefäss mit einem Drathgewebe, um sich vor Beschädigung bei einer etwaigen Explosion zu schützen. Indem man alsdann den Cylinder so weit emporhebt, dass das Quecksilber in demselben, bei einer Temperatur von $+20^0$,

um etwa 2 Decimeter höher zu stehen kommt, als ausserhalb, so findet plötzlich eine Explosion statt. Ist die Temperatur unter + 20°, so muss das Gasgemenge, um zu explodiren, noch mehr verdünnt werden.

Dieses Gas verhält sich wie das vorhergehende, mit dem wesentlichen Unterschied, den sie hinsichtlich der ungleichen Entzündlichkeit zeigen. Nach Davy nimmt Wasser $\frac{1}{8}$ seines Volumens von diesem Gase auf. Beide Gase sind, nach Rose's neuesten Versuchen, gleich schwer; ihr specifisches Gewicht variirt zwischen 1,175 und 1,191; das des nicht selbstentzündlichen Gases fand er zuweilen bis zu 1,22, was er eingemengtem Phosphordampf zuschreibt. Inzwischen schwankte die Ungleichheit der Versuche um dieselbe Mittelzahl. Der Geruch ist bei beiden Gasen gleich. Von Schwefel und Kalium, die man darin erhitzt, werden sie auf gleiche Weise zersetzt, und ihr Volumen wird dabei von 1 zu $1\frac{1}{2}$ vergrössert. Nimmt man an, dass das Gas aus 3 Volumen Wasserstoffgas und 1 Vol. gasförmigem Phosphor besteht, verdichtet zu 2 Volumen, so müsste sein specifisches Gewicht 1,1837 sein, was zwischen die oben angegebenen Zahlen fällt. Damit stimmen auch die Quantitäten von Sauerstoff überein, die zur Verbrennung des Gases zu Wasser und Phosphorsäure erforderlich sind. Man kann demnach als ausgemacht annehmen, dass das Gas aus 1 Atom Phosphor und 3 Atomen Wasserstoff besteht, was auf 100 Theile 91,29 Phosphor und 8,71 Wasserstoff entspricht, und durch das zusammengesetzte Zeichen PH^3 ausgedrückt wird.

Rose fand, dass das selbstentzündliche Gas, wenn es lange über Quecksilber aufbewahrt wird, häufig seine Selbstentzündlichkeit verliert, ohne dass es dabei Phosphor absetzt oder sein Volumen ändert; man muss es aber vor dem Aufsammeln durch eine abgekühlte Röhre geleitet haben, worin es allen in ihm abgedunsteten Phosphor absetzen kann. Diese Veränderung besteht also nur darin, dass es allmählig in die nicht selbstentzündliche Modification übergeht. Auf der andern Seite fand er zuweilen, dass das nicht selbstentzündliche Gas beim Aufbewahren selbstentzündlich wurde, besonders, wenn es eine grössere Menge atmosphärischer Luft enthielt, womit es nach einiger Zeit gewöhnlich von selbst explodirt. Der schönste Beweis für den Uebergang

des einen Gases in das andere ist indessen folgender: **Rose** fand nämlich, dass mehrere Chlorverbindungen die Eigenschaft haben, Phosphorwasserstoffgas zu absorbiren; so z. B. die Chloride von Titan und Zinn, das Superchlorid von Antimon, das Chloraluminium; auch verbindet es sich ausserdem mit Brom- und mit Jod-Wasserstoffsäure. Alle diese Körper nehmen, auf gleiche Quantitäten, auch gleiche Volumina der beiden Modificationen von Phosphorwasserstoffgas auf. Kommen diese Phosphorwasserstoff-Verbindungen mit Wasser in Berührung, so entweicht das Gas, welches nun seine Selbstentzündlichkeit verloren hat, es mag nun die selbstentzündliche oder die andere Modification gewesen sein, die absorbirt war. Wird dagegen eine solche Verbindung mit flüssigem kaustischen Ammoniak (Auflösung von Ammoniak in Wasser) übergossen, so entweicht das Gas selbstentzündlich, auch dann, wenn die Chlorverbindung die nicht selbstentzündliche Modification absorbirt hatte. Kein anderer Körper, als Ammoniak, besitzt diese Eigenschaft, das Gas selbstentzündlich zu machen; weder andere Alkalien, noch Säuren, noch Salze, in dem Wasser aufgelöst, womit das Gas ausgetrieben wird, können diesen Uebergang in die andere Modification bewirken.

Nach **Grotthuss** giebt es auch eine tropfbarflüssige Verbindung von Phosphor mit Wasserstoff, die entstehen soll, wenn man Phosphor mit einer Lösung von Kali in Alkohol kocht. Der Phosphor wird dabei flüssig und bleibt es auch nach dem Erkalten; kocht man ihn mit luftfreiem Wasser, so entweicht Phosphorwasserstoffgas, ohne dass man im Wasser Phosphorsäure aufgelöst findet, d. h. ohne dass Wasser zerlegt wird, und der Phosphor erstarrt nach dem Abkühlen. Diese Verbindung hat mit den liquiden Verbindungen des Schwefels mit Schwefelwasserstoffgas Aehnlichkeit.

Endlich giebt es auch eine starke Verbindung von Phosphor mit Wasserstoff. Man erhält sie, wenn Phosphorkalium mit Wasser behandelt wird, wobei sie sich in Gestalt eines in der Flüssigkeit unlöslichen gelben Pulvers abscheidet. Es wurde zuerst von Rose beobachtet, seine Zusammensetzung aber von **Magnus** ausgemittelt. Nach diesem wird es beim Schmelzen, wozu aber eine höhere Tem-

peratur als zum Schmelzen des Phosphors erforderlich ist, in Phosphorwasserstoffgas und in Phosphor zersetzt. Da die gewöhnliche Darstellung des Phosphorkaliums, wegen der dabei stattfindenden, die Glasgefässe zersprengenden Feuer-Entwickelung, mit Schwierigkeiten verbunden ist, so empfiehlt Magnus eine andere Methode, nämlich Phosphor und Kalium unter Steinöl zusammenzuschmelzen. Das sich dabei unter heftigem Aufkochen des Steinöls bildende Phosphorkalium ist eine gelbe Masse, welche man, nachdem sie durch Pressen vom Steinöl befreit ist, in Wasser wirft, wobei sich dann der starke Phosphorwasserstoff abscheidet. Indessen ist es, auf diese Weise gebildet, nicht ganz frei von Bestandtheilen des Steinöls.

Phosphor und Schwefel. Phosphor und Schwefel können sich in allen Verhältnissen vereinigen, und diese Verbindungen sind leichter entzündlich, als der Phosphor für sich. Man erhält sie entweder, wenn man Phosphor und Schwefel zusammenreibt, wobei sie sich aber leicht entzünden, oder besser, wenn man beide in warmen Wasser zusammenschmilzt. Beide werden durch ihre Vereinigung leichter schmelzbar als vorher. Eine Mischung von 1 Th. Phosphor und 9 Th. Schwefel schmilzt bei $+ 25^0$, von 1 Th. Phosphor und 18 Th. Schwefel, bei $+ 15^0$; 2 Th. Phosphor auf 1 Th. Schwefel, bei $+ 10^0$; 1 Th. Phosphor auf 1 Th. Schwefel, bei $+ 5^0$.

Lässt man eine solche Mischung mit Wasser übergossen stehen, so entwickelt sie, besonders im Lichte, Schwefelwasserstoffgas; das Wasser wird von phosphoriger Säure sauer, und diess dauert so lange fort, bis einer von beiden Bestandtheilen gänzlich verschwunden ist, und nur noch Schwefel oder Phosphor allein zurückbleibt. Herrscht letzterer vor, so wird er dennoch vom Lichte nicht geröthet. Kocht man die Mischung von beiden mit Wasser, so entsteht dieselbe Gasentwickelung, ist aber bisweilen von einer Explosion begleitet, welche das Gefäss zersprengt.

Man hat es noch nicht versucht, Phosphor und Schwefel in solchen Atom-Verhältnissen mit einander zu verbinden, welche seinen Sauerstoff-Verbindungen entsprechen, wiewohl nicht zu zweifeln ist, dass dieser Versuch zu interessanten Resultaten führen werde. Ich habe zwar durch

Versuche gefunden, dass der Phosphor Sulfida giebt, die sich mit Schwefelbasen zu farblosen Salzen verbinden können, habe aber diese Versuche nicht weiter als bis zu diesem allgemeinen Verhalten ausgedehnt. Neuerlich hat indessen Serullas auf die Weise ein Phosphorsulfid hervorgebracht, dass er flüssiges Phosphorsuperchlorür (wovon weiter unten) durch Schwefelwasserstoffgas zersetzte. Der Wasserstoff verband sich dabei mit dem Chlor zu Chlorwasserstoff, welcher als Gas entwich, und der Schwefel mit dem Phosphor zu Phosphorsulfid, welches eine nicht krystallinische, hell citrongelbe Masse bildete, die aus 1 Doppelatom Phosphor und 3 Atomen Schwefel bestand, $= PS^3$ oder $\overset{'''}{P}$, d. h. in 100 Theilen aus 39,4 Th. Phosphor und 60,6 Th. Schwefel.

Ausser den Verbindungen mit diesen einfachen Stoffen, kann der Phosphor auch in Aether, Naphtha, Fett und in fetten und flüssigen Oelen aufgelöst werden. Alle diese Auflösungen leuchten beim Zutritte der Luft im Dunkeln.

Der Phosphor ist fast ohne technische Anwendung; die einzige, die Erwähnung verdient, ist die zu Feuerzeugen, deren Gebrauch indessen öfters nicht ganz gefahrlos ist. Das Nähere darüber folgt im letzten Th. Art. *Feuerzeuge*.

In der Arzneikunde wird der Phosphor als innerliches Mittel, und in der Pharmacie zur Bereitung der reinen Phosphorsäure angewandt.

4. Chlor.

Dieser Körper wurde im Jahre 1774 von Scheele entdeckt. Er kommt in der Natur ziemlich häufig vor, hauptsächlich im Kochsalze, in welchem er mit dem Metalle Natrium verbunden ist; er findet sich ausserdem in einigen andern Verbindungen, sowohl in der organischen als unorganischen Natur.

Aus dem Kochsalze wird das Chlor auf folgende Art dargestellt: 3 Th. Salz werden mit 2 Th. Braunstein genau gemengt und das Gemenge in einer Retorte mit $2\frac{1}{2}$ Th. Schwefelsäure übergossen, welche zuvor mit 4 Th. Wasser verdünnt worden ist. Der Hals der Retorte geht luftdicht in eine kleine Vorlage, die mit einer Gasleitungsröhre versehen ist. Die Retorte wird auf einer Sandkapelle er-

wärmt, und das sich alsdann entwickelnde Gas aufgefangen. Figur 14. Taf. II. stellt diesen Apparat vor; a die tubulirte Retorte mit der Trichterröhre b, durch welche die Säure nachgegossen wird, und c die Vorlage mit der Leitungsröhre.

Das Chlor kann, bei gewöhnlicher Temperatur und Druck der Luft, nicht in fester oder flüssiger Form erhalten werden, sondern bildet eine Gasart, die indessen zu den coërcibeln gehört, und welche man entweder als Gas auffangen oder von Wasser einsaugen lassen kann. Seine Entwickelung beginnt erst, wenn die Masse erwärmt worden ist, wobei sich die Gefässe mit einem dunkelgelben Gase erfüllen. Die Vorlage, welche hierbei gebraucht wird, dient dazu, um die, bei der Operation überdestillirende, gewöhnlich saure Flüssigkeit aufzunehmen; man muss sie so klein als möglich wählen, damit man um so weniger atmosphärische Luft mit dem Gase vermengt bekommt. Der Verlauf hierbei ist folgender: Das Kochsalz besteht aus Chlor, verbunden mit Natrium. Die Schwefelsäure bestrebt sich, mit dem Oxyde des Natriums (dem Alkali-Natron) sich zu verbinden. Man setzt das Mangansuperoxyd hinzu, um, auf Kosten seines überschüssigen Sauerstoffs, das Natrium zu oxydiren und Natron zu bilden, wobei das Chlor frei wird und in Gasgestalt weggeht. In der Retorte bleibt ein Gemenge von schwefelsaurem Natron und schwefelsaurem Manganoxydul, mechanisch gemengt mit überschüssigem, unzersetzt gebliebenen Superoxyd.

Eine andere Darstellungsweise des Chlors besteht darin, dass man, in einem, dem bei der Entwickelung des Wasserstoffgases beschriebenen ähnlichen Apparate, fein gepulvertes Mangansuperoxyd mit Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure) vermischt, die man mit so viel Wasser verdünnt hat, dass sie nicht mehr an der Luft raucht. Das Gemenge wird gelinde erhitzt, wobei das Gas sich bald zu entwickeln anfängt. Ist die Säure zu concentrirt, so geht Chlorwasserstoffsäuregas mit dem Chlorgase weg und verunreinigt es. — Bei dieser Operation verbindet sich der Wasserstoff der Säure mit dem Sauerstoff in dem Mangansuperoxyd zu Wasser, und das Manganmetall mit Chlor; aber das Mangan kann bei der Temperatur, bei welcher der Versuch vorgenommen wird, nicht mehr als die Hälfte von dem Chlor zurückbehalten, welches durch den Sauerstoff des Superoxyds seines Was-

serstoffs beraubt wird, und deshalb geht die andere Hälfte in Gasform weg*).

Man kann das Chlor nicht ohne grossen Verlust in Gasgestalt aufsammeln, weil es sowohl vom Wasser als vom Quecksilber absorbirt wird. Zur Füllung der Flaschen und der Gaswanne bedient man sich am besten einer gesättigten Auflösung von Kochsalz, denn diese Flüssigkeit saugt von den meisten Gasen viel weniger ein, als reines Wasser. Man schreibt auch vor, das Chlorgas auf die Weise aufzusammeln, dass man die Gasleitungsröhre bis auf den Boden eines langen cylindrischen Glases reichen lässt, dessen Oeffnung nicht sehr weit, oder unvollkommen mit einem Pfropfe verschlossen ist, durch welchen die Röhre geht. Da das Chlorgas viel schwerer als die atmosphärische Luft ist, so sammelt es sich zu unterst an, und indem sich das Gefäss mit Chlorgas füllt, wird die atmosphärische Luft nach oben ausgetrieben, so dass endlich das Gefäss nur mit Chlor gefüllt ist. Man muss dann, wenn man das Gas sich im Glase erheben sieht, dieses senken, so dass die Gasleitungsröhre allmählig herausgezogen wird; denn würde man sie gegen das Ende auf einmal herausziehen, so würde atmosphärische Luft eindringen, um ihren Raum auszufüllen. Diese Methode kann für Versuche angewendet werden, die keine grosse Genauigkeit erfordern, denn man verliert weniger Gas dabei; aber das Gas wird immer sehr mit atmosphärischer Luft gemengt, denn die Gase durchdringen sich stets in allen Richtungen.

Will man sich trocknes und reines Chlor verschaffen, so sammelt man das Gas über einer Flüssigkeit, z. B. einer Kochsalzauflösung, in einer Glasglocke auf, die oben mit einem Hahn versehen ist. Das Gefäss, welches man mit Gas füllen will, muss ebenfalls mit einem ähnlichen Hahn versehen sein, der auf die Luftpumpe geschraubt, und wodurch die Luft aus dem Gefässe ausgepumpt werden kann. Man bindet dann luftdicht eine mit gröblichem Pulver von Chlorcalcium gefüllte

*) Bei der Darstellung dieses Gases hat die Flüssigkeit, woraus es sich entwickelt, grosse Neigung aufzuschäumen und überzusteigen; diesem Uebelstande lässt sich sehr leicht dadurch vorbeugen, dass man auf die Oberfläche der Masse ein wenig Terpenthinöl oder auch Baumöl giesst, welche ein augenblickliches Bersten der Blasen und Sinken des Schaumes bewirken.

Glasröhre zwischen die mit Gas gefüllte Glocke und das luftleere Gefäss; werden dann die Hähne beider geöffnet, so saugt das luftleere Gefäss das Gas aus der Glocke durch die mit Chlorcalcium gefüllte Röhre. Das darin liegende Salzpulver nimmt dann alle Feuchtigkeit aus dem Gase auf, welches nun trocken in das luftleere Gefäss kommt. Es versteht sich, dass man den Hahn des letzteren nicht ganz öffnen darf, sondern nur zum Theil, damit nicht das Gas zu schnell durch das Chlorcalcium gehe. Man muss zuvor den mehligen Theil des Pulvers durch Absieben weggeschafft haben, weil er sonst leicht mit dem Gase in das luftleere Gefäss geblasen wird.

Versucht man das Gas über Quecksilber aufzufangen, so wird es davon noch schneller als vom Wasser absorbirt und bildet auf der Oberfläche des Quecksilbers ein dunkelgraues Pulver von Chlorquecksilber.

Die Farbe des Chlorgases ist dunkelgelb. Je mehr es mit Luft vermengt ist, um so blasser ist es. Manche finden etwas Grünliches in seiner Farbe; in Beziehung hierauf bekam es von Humphry Davy seinen Namen, vom griechischen Worte χλωρος, grüngelb. Es hat einen eigenthümlichen, erstickenden Geruch, welcher ein Gefühl von Trockenheit in der Nase und einen Reiz zum Husten in der Luftröhre, mit Druck auf der Brust, hervorbringt, was kürzere oder längere Zeit anhält, je nachdem die Luft, die man eingeathmet hat, mehr oder weniger mit Chlorgas vermischt war. Die Symptome gehen leicht in Schnupfen mit Kopfweh und gelindem Fieber über. Reines Chlorgas ist beim Einathmen absolut tödtlich. Sein spec. Gewicht ist 2,47. Es unterhält das Verbrennen sehr vieler Körper, und die meisten entzünden sich darin bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft, wodurch es sich sowohl vom Sauerstoff als Schwefel unterscheidet. Ein grosser Theil der Metalle, wenn sie als Pulver hineingebracht werden, entzünden sich darin und glühen fort, indem sie sich mit Chlor verbinden. Diese Verbindungen werden Chlorüre oder Chloride genannt und gehören zu der Klasse von Körpern, welche wir Salze nennen. Ein Wachslicht brennt im Chlorgase mit russender Flamme.

Wird Chlorgas zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ seines Volumens zusammengedrückt, so wird es, nach Faraday's Versuchen, condensirt, und bildet eine tief dunkelgelbe oder grünlichgelbe

Flüssigkeit, welche, selbst weit unter dem Gefrierpunkte des Wassers, nicht fest wird. Ihr spec. Gewicht scheint 1,33 zu sein. Sie bricht das Licht weniger als Wasser, und kann bei diesem Drucke, in einem passenden Apparat, bei + 33° überdestillirt werden. Hört der Druck auf, so verdampft die Flüssigkeit sogleich, und erregt dabei eine so starke Kälte, dass sich ein Theil des condensirten noch einige Augenblicke lang flüssig erhält, nachdem der Druck schon aufgehört hat.

Das Atomgewicht des Chlors ist 221,326. Es wird durch Cl bezeichnet. Es verbindet sich meistens nach Doppelatomen. Ꞓl wiegt 442,651.

Das Chlor verbindet sich schwierig mit *Sauerstoff* und nie unmittelbar. Wir kennen vier Oxydationsstufen davon, ein Oxyd und drei Säuren, worin Chlor den Sauerstoff in dem relativen Verhältnisse = 1, 3, 5 und 7 aufnimmt. Wir werden späterhin diese Körper kennen lernen.

Mit *Wasserstoff* verbindet sich das Chlor, so viel man bis jetzt weiss, nur in einem einzigen Verhältnisse zu Chlorwasserstoff, welcher eine der stärksten Säuren bildet, bekannt unter dem Namen Salzsäure, deren ausführlichere Beschreibung unter den Säuren folgt. Werden gleiche Volumina Chlorgas und Wasserstoffgas bei Feuerlicht oder im Dunkeln mit einander vermengt, so verbinden sie sich nicht; wird aber das Gemenge vom Tageslicht getroffen, so vereinigen sie sich nach und nach, und es verschwindet die Farbe des Gases. Geschieht der Versuch über Wasser, so steigt dieses in dem Maasse, als die Verbindung vor sich geht, weil das Chlorwasserstoffgas, welches gebildet wird, darin auflöslich ist. Waren die Gase rein und genau gemessen, so bleibt kein Rückstand. Wird dagegen das Gemenge unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen, so brennt es mit Knall ab, wie Knallluft. Diese Mengung darf daher nie im Tageslichte vorgenommen werden, und will man diesen Effekt durch das Sonnenlicht hervorbringen, so macht man die Mengung in einem dunkeln Zimmer, bedeckt das Gefäss mit einem undurchsichtigen Futterale, wenn es in's Tageslicht gebracht wird, und nimmt jenes durch eine passende Vorrichtung ab, so dass man vor den Glassplittern gesichert ist, wenn das Glas zerschlagen wird. Ist die Luft klar und steht die Sonne hoch am Himmel, so explodirt das Gemenge in dem Augenblicke,

in dem es enthüllt wird. Es sind in diesem Falle die Strahlen des violetten Saumes vom Farbenbilde, welche das Gasgemenge entzünden. Die rothen, gelben oder grünen wirken nicht darauf. Deshalb entsteht keine Explosion, wenn das Gas in Glas eingeschlossen ist, welches eine von diesen Farben hat. Auch der elektrische Funke entzündet dieses Gasgemenge. Sammelt man das durch die Explosion gebildete Chlorwasserstoffsäuregas, so findet man, dass sein Volumen gleich gross mit dem Volumen des Gasgemenges vor der Verbindung ist, so dass also hier keine Condensation statt findet.

Chlorstickstoff. Mit Stickstoff verbindet sich das Chlor, wenn sich beide im Entstehungszustande treffen, zu einem Körper von sehr sonderbaren Eigenschaften, welcher im J. 1812 von Dulong entdeckt wurde. Wir nennen ihn Chlorstickstoff. Man erhält ihn, wenn man eine Glasglocke mit einer nicht völlig gesättigten Auflösung von Salmiak (Chlorammonium), oder überhaupt von einem Ammoniaksalze in Wasser füllt, diese dann in eine mit derselben Flüssigkeit gefüllte Schale umstülpt, und hierauf Chlorgas in die Glocke leitet; das Gas wird allmählig absorbirt, die Flüssigkeit nimmt eine gelbliche Farbe an, und man sieht ölartige Tropfen sich auf der Oberfläche bilden, die dann zu Boden sinken und sich zu einem pomeranzengelben, ölartigen Liquidum ansammeln, welches Chlorstickstoff ist. Bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft geht seine Bildung nur langsam vor sich, aber bei + 28° bis + 30° sehr schnell. Der Verlauf dieser Operation ist folgender: Das Ammoniak in dem Salze besteht aus Stickstoff und Wasserstoff. Ein Theil Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff zu Chlorwasserstoffsäure, die in der Flüssigkeit bleibt, und der Stickstoff verbindet sich in dem Entstehungs-Momente mit einem andern Theile Chlor; aber diese Verbindung ist in Wasser schwer löslich, und sie scheidet sich, nachdem die Flüssigkeit, so viel sie konnte, davon aufgenommen hat, in Gestalt feiner Tropfen ab, die sich dann zu grösseren ansammeln. Sobald die Flüssigkeit einen gewissen Ueberschuss an Säure erhalten hat, hört alle fernere Einwirkung des Chlors auf.

Der Chlorstickstoff ist eine ölartige dunkelgelbe Flüssigkeit, die an der Luft sehr schnell verfliegt, einen eignen, dem Chlor ähnlichen Geruch besitzt, und dabei einen sehr hef-

tigen Reiz auf die Augen ausübt. Ihr specifisches Gewicht ist 1,653. Sie wird selbst bei hohen Kältegraden nicht fest. In verschlossenen Gefässen kann sie bei + 71° unverändert überdestillirt werden. Bei + 93° geschieht dieses mit heftigem Kochen oder fast Aufbrausen, und bei einer Temperatur zwischen + 96 und 100° explodirt sie mit einem äusserst heftigen Knalle, wodurch selbst offene Gefässe, worin sie sich befindet, zerschlagen werden. Diese Explosion ist von Feuer begleitet, und die Flüssigkeit verwandelt sich dabei in ein Gemenge von Chlorgas und Stickgas, in welchem sich das Volumen des ersteren zu dem des letzteren verhält = 3: 1. Die Ursache der Heftigkeit dieser Zersetzung und des Feuers, welches sich dabei zeigt, ist für uns ein Räthsel. Wir haben zuvor gesehen, dass Feuer und Explosionen bei den Verbindungen gasförmiger Körper entstehen, und haben diess für eine Folge der Vereinigung erklärt. Hier sehen wir eine Feuererscheinung, mit durchaus gleichen äusseren Charakteren, durch eine entgegensetzte Ursache hervorgebracht, nämlich durch die Trennung zweier mit einander verbundenen Körper. Dieser Umstand scheint eine Unvollkommenheit entweder in der Erklärung der Entstehung des Feuers bei den chemischen Verbindungen, oder in der Erklärung des inneren Verlaufes dieser Erscheinung anzuzeigen. Wir werden indessen künftig noch einige ähnliche Fälle kennen lernen, in welchen, wie es scheint, nur durch Trennung von Körpern Feuer entsteht. Alle diese Fälle kommen darin überein, dass die Körper, welche sich trennen, durch eine sehr lose Verwandtschaft verbunden sind, die nur bei niedrigen Temperaturen wirksam ist, und welche bei zunehmender Temperatur aufhört, indem die Körper entweder bloss von einander getrennt, oder auf andere, beständigere Art verbunden werden. Das Chloroxyd, das Wasserstoffsuperoxyd, der Jodstickstoff liefern ähnliche Beispiele. — Die Zusammensetzungs-Formel des Chlorstickstoffs ist = NCl^3.

Die Leichtigkeit, womit der Chlorstickstoff explodirt, macht alle Versuche damit sehr gefährlich, und man darf sich damit nicht ohne die strengsten Vorsichtsmaassregeln beschäftigen, z. B. nicht ohne Umgebung der Apparate mit einem Schirm von Drathgewebe, ohne Glasmaske vor dem Gesichte, u. dgl. Die Untersuchung dieses Körpers zog seinem Entdecker Dulong einen ernstlichen Augenschaden zu und verstümmelte

ihm die Finger, und der berühmte Davy, welcher die Untersuchung fortsetzte, wurde durch eine solche unvorhergesehene Explosion ebenfalls im Auge verwundet. Um auf die einfachste und am wenigsten gefährliche Art die explodirende Kraft dieses Stoffes zu zeigen, lässt man einen Tropfen davon von etwas Löschpapier aufsaugen, und nähert dieses dann schnell der Lichtflamme, wodurch er mit einem stärkeren Knalle als ein Büchsenschuss explodirt. Will man dagegen die dadurch entstehenden gewaltsamen Wirkungen zeigen, so kann man auf eine reine Theetasse etwas, von ein wenig Wasser bedeckten, Chlorstickstoff legen, die Theetasse auf ein loses Bret auf den Boden setzen, und dann den Chlorstickstoff entweder mit einem heissen Eisen oder mit einem in etwas Baumöl getauchten Stocke berühren. Das Wasser wird umhergeworfen, und das Stück der Theetasse, auf welchem der Chlorstickstoff lag, wird tief in das Bret geschlagen.

Chlorstickstoff, mit reinem Wasser in einer verschlossenen Flasche vermengt, löst sich darin nach und nach auf, das Wasser wird zersetzt, sein Sauerstoff giebt mit dem Stickstoff salpetrige Säure, und sein Wasserstoff mit Chlor Chlorwasserstoffsäure. Bringt man ein Metall zur Flüssigkeit, so nimmt dieses Chlor auf und Stickgas wird frei.

Wird Chlorstickstoff mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure) übergossen, so entsteht, durch die Verwandtschaft der Säure zum Ammoniak, eine gegenseitige Zersetzung der Säure und des Chlorstickstoffs, wobei sich der Stickstoff mit dem Wasserstoff eines Theiles der Säure zu Ammoniak verbindet und Chlorgas entwickelt wird, wovon $\frac{1}{4}$ vom Chlorstickstoff und $\frac{3}{4}$ von zersetzter Chlorwasserstoffsäure kommen. Uebergiesst man Chlorstickstoff mit verdünntem, liquiden Ammoniak (Stickstoff-Wasserstoff), so wird er ebenfalls zersetzt, das Chlor darin verbindet sich mit dem Wasserstoff des Ammoniaks zu Chlorwasserstoffsäure, welche Salmiak bildet, und Stickgas wird frei, wovon $\frac{1}{4}$ vom Chlorstickstoff und $\frac{3}{4}$ vom Ammoniak herrühren.

Der Chlorstickstoff hat die Eigenschaft zu explodiren, wenn er mit gewissen Körpern in Berührung kommt, mit andern dagegen sich ohne Expiosion zu vereinigen. Wegen der Sicherheit bei Versuchen mit diesem Körper, ist es von Wichtigkeit zu wissen, mit welchen er explodirt. Die Ursache dieser Ex-

plosion durch Berührung mit gewissen Körpern möchte wohl davon abzuleiten sein, dass er sich mit ihnen verbindet und sich so erhitzt, dass der noch freie Theil durch die Hitze explodirt.

Unter den unorganischen Körpern explodirt er mit folgenden nicht: Schwefelkohlenstoff, worin er sich leicht auflöst; wird dieser dann angezündet und verbrennt, so erleidet der Chlorstickstoff eine langsame Zersetzung; verdünnte Auflösungen von Alkali, sowohl Kali als Ammoniak; Schwefel; Kohle; Schwefelwasserstoff- und Arsenikwasserstoffgas, aus denen Schwefel und Arsenik abgeschieden werden; Metalle, z. B. Zink, Zinn, Quecksilber, Kupfer; Schwefelmetalle, z. B. Schwefelantimon, Zinnober; concentrirte Säuren; Salze, z. B. salpetersaures Silber, welches indess davon getrübt wird und Chlorsilber giebt.

Mit folgenden unorganischen Materien explodirt er: Phosphor giebt von allen die stärkste Explosion; alle Verbindungen von Phosphor in unverbranntem Zustande, z. B. Phosphorcalcium, Phosphorwasserstoffgas, die Auflösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff, in Aether, in flüchtigen Oelen; Selen, Arsenik, Stickoxydgas, concentrirtes kaustisches Kali und concentrirtes kaustisches Ammoniak.

Mit folgenden organischen Produkten explodirt er nicht: Alkohol, welcher ihn nicht auflöst, sich aber damit zu einem in Alkohol unlöslichen, nicht explodirenden, ölartigen Körper verbindet; Aether, mit welchem er sich auf dieselbe Art verhält, die Verbindung gleicht Wachs; Campher, mit welchem er sich verbindet, und aus welcher Verbindung er wieder durch Alkohol abgeschieden werden kann, welcher den Campher auszieht; Zucker, Manna, Gummi, Stärke, Indigo, Gummi Ammoniacum, Gummilack, Harz, Wachs, Wallrath, Butter, Fett. — Mit folgenden organischen Materien explodirt er: Palmöl, Fischthran, Baumöl, Leinöl, Bernsteinöl, Terpenthinöl, Ambra, Myrrhe, Kautschuck. Die Verbindungen von Talgsäure und Oelsäure (die Seifen) mit den Oxyden des Quecksilbers, Silbers und Kupfers explodiren; aber die entsprechenden Verbindungen mit den Erdarten und mit Zinn- und Kobaltoxyd explodiren nicht. Mehrere der Flüssigkeiten, welche mit dem Chlorstickstoff explodiren, verlieren diese Eigenschaft, wenn man zuvor Chlorgas durch dieselben leitet.

Chlorschwefel. Mit Schwefel verbindet sich das Chlor leicht und bei gewöhnlicher Temperatur. Man legt gewaschene und getrocknete Schwefelblumen in ein hohes cylindrisches Glasgefäss, und leitet Chlorgas bis auf den Boden des Gefässes. Der Schwefel absorbirt das Gas, erweicht und zergeht endlich zu einer dunkelgelben Flüssigkeit. Die Masse wird warm und muss dadurch abgekühlt werden, dass das Gefäss in mit Eis vermengtes Wasser gesetzt wird. Man lässt das Gas so lange durchstreichen, als es noch aufgesogen wird. Ist der Schwefel vollkommen gesättigt, so hat die Flüssigkeit eine schöne, gelbrothe Farbe. Sie hat einen eigenthümlichen sehr unangenehmen Geruch und einen scharfen, unangenehmen Geschmack. Sie raucht an der Luft. Ihr spec. Gewicht ist 1,628. Bei + 93° kann sie unverändert überdestillirt werden. In Wasser sinkt sie zu Boden wie ein Oel, und zersetzt sich langsam damit, wobei sich das Chlor mit Wasserstoff zu Chlorwasserstoffsäure, und der Schwefel mit Sauerstoff zu unterschwefliger Säure verbinden, welche letztere jedoch sich bald, auf die, dieser Säure eigne Art, in schweflige Säure und Schwefel, welcher sich niederschlägt und die Flüssigkeit unklar macht, zu zersetzen anfängt. Ein getrocknetes Lackmuspapier wird nicht von Chlorschwefel geröthet, aber wohl ein solches, welches Feuchtigkeit enthält, auf deren Kosten sich diese Säuren bilden.

Man kann diese Verbindung noch auf die Weise erhalten, dass 100 Thl. Chlorquecksilber (Quecksilber-Sublimat) mit 11¾ Th. Schwefel wohl vermengt und bei gelinder Wärme destillirt werden. Statt des Chlorquecksilbers kann man auch Chlorzinn anwenden, dann nimmt man aber ⅓ von dessen Gewicht Schwefel.

Wird der Chlorschwefel in einem verschlossenen Gefässe mit Schwefel digerirt, so löst sich dieser auf, und das specifische Gewicht der Flüssigkeit wird 1,7. Dabei löst sich, selbst in der Kälte, bedeutend mehr Schwefel auf, als die Flüssigkeit zuvor enthielt. Sättigt man sie in der Wärme damit, so schiesst beim Erkalten wieder ein grosser Theil des aufgelösten Schwefels in schönen Krystallen an. Wird die Auflösung destillirt, so erhält man wieder unveränderten Chlorschwefel, und der aufgelöst gewesene Schwefel bleibt in der Retorte zurück. Lässt man die Auflösung in offner Luft ver-

dunsten, so schiesst daraus der Schwefel ebenfalls in Krystallen an. Sie ist also mehr als eine Auflösung von Schwefel in Chlorschwefel, denn als eine niedrigere Chlorstufe des Schwefels zu betrachten. — Der Chlorschwefel löst ferner auch Phosphor auf; von Wasserstoff- oder Schwefelwasserstoffgas aber wird er nicht verändert.

Ueber die Zusammensetzung des Chlorschwefels sind die Meinungen getheilt gewesen. Bucholz, der ihn zuerst analysirte, fand ihn aus 47,4 Th. Schwefel und 52,6 Th. Chlor zusammengesetzt. Davy fand 30 Th. Schwefel und 70 Th. Chlor, und Dumas bekam fast dasselbe Resultat, indem er 31,25 Th. Schwefel und 68,75 Th. Chlor fand. Unter diesen Analysen entspricht die erstere 1 Atom Schwefel auf 1 einfaches Atom Chlor; die letztere dagegen 1 Atom Schwefel auf 1 Doppelatom Chlor. Man wurde dadurch auf die Vermuthung gebracht, dass die Verbindung, die sich abdestilliren lässt, diese Zusammensetzung, und die, durch Auflösung von mehr Schwefel erhaltene die von Bucholz angegebne Zusammensetzung habe. Nun hat aber H. Rose gezeigt, dass es die destillirbare Verbindung ist, welche die von Bucholz angegebene Zusammensetzung hat, die nämlich aus einem Atom von jedem Element besteht, $=$ SCl, was auf 100 Theile 47,615 Schwefel und 52,385 Chlor beträgt. Als Rose diese Verbindung bis zur völligen Sättigung Chlorgas absorbiren liess, erhielt er eine etwas röthere und nach freiem Chlor riechende Flüssigkeit, die 36,04 Proc. Schwefel und 63,96 Chlor enthielt; woraus also hervorging, dass auf diese Weise keine Verbindung mit Chlor von der, von Davy und Dumas angegebenen Zusammensetzung hervorgebracht werden kann. Inzwischen stimmen die von Rose gefundenen Zahlen mit einer Verbindung von 2 Atomen Schwefel mit 3 At. Chlor, die noch eine kleine Menge eingesognen freien Chlorgases enthält, ziemlich gut überein. Rose hat aber nicht untersucht, ob sie als eine selbstständige und bestimmte Verbindung betrachtet werden kann.

Chlorphosphor. Sowohl Phosphor als Phosphorwasserstoff entzünden sich und brennen mit blasser Flamme im Chlorgase. Beträgt die Menge des Phosphors nicht mehr als 1 Gran auf 9 Cubikzoll Gas, so wird das Produkt der Vereinigung fest und setzt sich als ein krystallinisches Gewebe ab;

ab; beträgt aber der Phosphor mehr als 2 Gran, so wird die Verbindung flüssig. Chlor giebt mit Phosphor drei bestimmt verschiedene Verbindungen; ihre Eigenschaften und Bereitungsarten sind folgende:

a) **Phosphorsuperchlorid** wird auf zwei Arten erhalten: 1) Phosphor wird in eine mit einem Hahne versehene Retorte gelegt; die Luft wird ausgepumpt und trocknes Chlorgas allmählig hineingelassen. Der Phosphor fängt an zu rauchen, und entzündet sich, wenn das Gas schnell hinzugelassen wird. Wenn kein Gas mehr absorbirt wird, so findet man auf den Wänden der Retorte einen weissen Körper sublimirt, welcher diese Verbindung ist. 2) In das sogleich zu beschreibende Phosphorsuperchlorür, welches sich in einem cylindrischen Glasgefässe befindet, wird so lange getrocknetes Chlorgas geleitet, als dasselbe noch aufgesogen wird und bis die flüssige Verbindung durchaus fest geworden ist. Um sicher zu sein, dass kein Theil der flüssigen Verbindung mehr übrig ist, wird das Gefäss am Boden gelinde erwärmt, wo dann die letztere, als die flüchtigste, sich höher im Gefässe hinauf zieht, und da vom Gase getroffen wird. Auf diese Art erhält man diese Verbindung am besten in grösserer Menge und ohne dazu kostbare Apparate zu bedürfen.

Die Verbindung ist schneeweiss und stellt, auf die erste Bereitungsart erhalten, eine weisse, krystallinische Wolle, nach der letzteren, eine mehr zusammenhängende Masse dar. Sie sublimirt sich mit der grössten Leichtigkeit bei einer Temperatur, welche nicht bis zu $+100^0$ geht, und bei einer gelinden Pression in verschlossenen Gefässen, z. B. in einer wohl verkorkten Glasröhre kann sie vor der Verflüchtigung geschmolzen werden. Beim Erkalten erlangt sie eine krystallinische Textur und wird durchscheinend. An der Lichtflamme entzündet sie sich und brennt unter Bildung von Phosphorsäure und Entwickelung von Chlor. Die meisten brennbaren Körper verbinden sich mit dem Chlor derselben und scheiden den Phosphor ab. Mit Wasser verbindet sie sich mit solcher Heftigkeit, dass, wenn sie in Pulverform oder als grösseres Stückchen in Wasser gebracht wird, ein grosser Theil der Verbindung durch die Hitze verflüchtigt wird, welche durch die Auflösung eines andern Theiles entsteht. Giesst man dagegen, umgekehrt, eine grössere Menge Wasser

auf Pulver von diesem Körper, so wird es, ohne dass dieser verfliegt, aufgenommen, wobei aber dieser, nach Dulong, eine Art von Veränderung erleidet, ehe er vom Wasser aufgenommen wird, und in Form von ölartigen Tropfen auf die Oberfläche steigt, welche dann niedersinken und ohne Rückstand aufgelöst werden. Durch die Auflösung in Wasser wird er vollkommen zersetzt, der Phosphor oxydirt sich auf Kosten des letzteren zu Phosphorsäure, und der Wasserstoff, welcher dabei vom Sauerstoffe geschieden wird, ist gerade hinreichend, um das Chlor in Chlorwasserstoffsäure zu verwandeln. Hieraus folgt, dass er auf 100 Th. Phosphor 564,13 Th. Chlor enthalten, oder in 100 Theilen aus 15,04 Phosphor und 84,96 Theilen Chlor bestehen muss, was auf 1 Vol. gasförmigen Phosphor 5 Vol. Chlor ausmacht. Er wird mit PCl^5 bezeichnet. Da dieser Körper in Gasform die Eigenschaft hat, ein hineingebrachtes, scharf getrocknetes Lackmuspapier zu röthen, so hat man ihn als eine eigene Säure betrachtet; aber wahrscheinlich werden die Säuren auf Kosten des Lackmuspapiers gebildet, dessen Farbe sie dann röthen.

b) Phosphorsuperchlorür. Man erhält es am leichtesten auf folgende Art: In eine kleine tubulirte Retorte d, Fig. 15. Taf. II. bringt man wohl abgetrocknete Stücke von Phosphor. In den Tubus der Retorte ist, vermittelst eines Korks, die gekrümmte Röhre e luftdicht eingepasst, welche durch ein Kautschuckgelenk an das mit Chlorcalcium gefüllte Rohr c angebunden ist. In dem Chlorentwickelungs-Apparat Fig. 14., von welchem man die Leitungsröhre abgenommen hat, entwickelt man nun Chlorgas, und verbindet denselben, nachdem alle atmosphärische Luft ausgetrieben zu sein scheint, mit dem Chlorcalciumrohr, in welchem das Chlorgas, bevor es mit dem Phosphor in Berührung kommt, ausgetrocknet wird. Der Hals der kleinen Retorte d geht luftdicht in die kleine Vorlage f, welche zur Aufnahme des gebildeten Phosphorsuperchlorürs dient, und mit einer gebognen Röhre zur Ableitung des überschüssigen Chlorgases versehen ist. Sobald man sieht, dass der ganze Apparat mit Chlorgas angefüllt ist, erwärmt man die Retorte d gelinde vermittelst einer Weingeistlampe, wobei der Phosphor mit grünlicher Flamme zu Superchlorür verbrennt, welches als eine farblose Flüssigkeit in die abzukühlende Vor-

lage f überdestillirt. Sorgt man dafür, dass durch ein fortfahrendes Erwärmen stets eine hinreichende Menge Phosphordampf mit dem zuströmenden Chlorgas in Berührung kommt, so entsteht nur flüssiger Chlorphosphor. Ist aber ein Ueberschuss von Chlorgas vorhanden, so entsteht auch fester, was man alsdann schon an der anders beschaffnen, knisternden Flamme, womit der Phosphor verbrennt, erkennen kann. Das so erhaltene Superchlorür enthält gewöhnlich etwas ungebundenen Phosphor aufgelöst, wovon man es durch nochmalige Destillation bei gelinder Wärme befreit. Enthält es umgekehrt etwas Superchlorid, so verwandelt man dasselbe dadurch in Superchlorür, dass man die Flüssigkeit sehr gelinde mit Phosphor erwärmt.

Eine andere Darstellungsweise dieser Verbindung besteht darin, dass man Phosphordampf über erhitztes Quecksilberchlorür (Calomel) leitet. In dieser Absicht legt man in das zugeschmolzene Ende einer Glasröhre wohl abgetrocknete Stücke von Phosphor, und füllt den übrigen Theil der Röhre, in einer Länge von 6 — 8 Zoll, mit kleinen Stücken von Quecksilberchlorür. Das offne Ende der Röhre wird alsdann vor der Glasbläserlampe ausgezogen und der ausgezogene Theil etwas abwärts gebogen, den man alsdann durch einen Kork in eine zur Aufnahme des Chlorphosphors bestimmte kleine Vorlage leitet, die während der Operation abgekühlt wird. Man erhitzt nun den Theil der Röhre, in welchem das Quecksilberchlorür liegt, so stark, als es dasselbe, ohne zu sublimiren, vertragen kann; und hierauf erhitzt man auch den Phosphor, so dass er langsam verflüchtigt wird. Sobald seine Dämpfe mit dem Chlorür in Berührung kommen, wird dieses zersetzt, indem sich Chlorphosphor bildet, welcher überdestillirt, während das mit dem Chlor verbunden gewesene Quecksilber theils metallisch abgeschieden wird, theils mit Phosphor zu einem in der Röhre bleibenden, dunkelröthlichen Körper in Verbindung tritt. Auch der auf diese Art dargestellte Chlorphosphor enthält etwas Phosphor aufgelöst, und ist daher bei gelinder Wärme nochmals umzudestilliren.

Das Phosphorsuperchlorür ist ein farbloses, dünnflüssiges, an der Luft rauchendes Liquidum. Es besitzt einen eignen, heftigen Geruch. Sein spec. Gewicht ist 1,45. Es röthet nicht getrocknetes Lackmuspapier, wohl aber das feuchte. Es

kann an der Lichtflamme entzündet werden und brennt mit der Flamme des Phosphors. In Wasser sinkt es wie ein Oel zu Boden, und löst sich dann allmählig, durch Zersetzung des Wassers, als Chlorwasserstoffsäure und phosphorige Säure auf. Dabei sieht man auf jedem Tropfen sich eine Luftblase bilden, welche bisweilen so zunimmt, dass der Tropfen auf die Oberfläche des Wassers steigt. Da in diesem Falle die Bestandtheile des Chlorphosphors gerade phosphorige Säure und Chlorwasserstoffsäure bilden, so kann kein Gas entwickelt werden, und deshalb sind diese Luftblasen auffallend. Sie bestehen aus, durch Chlorphosphor umschlossenem Chlorwasserstoffsäuregas, und verschwinden ohne Rückstand, und noch ehe sie die Oberfläche der Flüssigkeit erreichen, sobald diese Umhüllung sich öffnet und das Gas in unmittelbare Berührung mit dem Wasser kommt. Dieser Chlorphosphor besteht aus 100 Theilen Phosphor und 338,49 Theilen Chlor, oder in Procent aus 22,8 Theilen Phosphor und 77,2 Theilen Chlor. Sein Zeichen ist PCl^3.

c) Phosphorchlorür wird erhalten, wenn in dem vorhergehenden so viel Phosphor aufgelöst wird, als er aufzunehmen vermag. Wie viel diess beträgt, ist noch nicht ausgemittelt. Den äusseren Verhältnissen nach gleicht er den vorigen. Lässt man ihn von Papier einsaugen, so entzündet sich dieses nach einigen Augenblicken von selbst. Er wird von Wasser in Chlorwasserstoffsäure, phosphorige Säure und Phosphor zersetzt, der indessen hartnäckig die letzten Antheile Chlor behält. Der Phosphor, welcher dabei zurückbleibt, ist völlig farblos und in geschmolzenem Zustande wasserklar.

Serullas und Rose haben Verbindungen zwischen Chlor, Schwefel und Phosphor entdeckt. Legt man, nach Serullas, in eine kleine Glaskugel (z. B. wie Taf. II. Fig. 13.) Phosphorsuperchlorid, und entwickelt in der Flasche Schwefelwasserstoffgas, indem man darin Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure übergiesst, so wird das Superchlorid von dem darüber strömenden Gas in der Art zersetzt, dass sich der Wasserstoff des letzteren mit Chlor zu Chlorwasserstoffsäure vereinigt, die als Gas weggeht, und der Schwefel in Verbindung mit der Masse in der Kugel bleibt. Wenn das weggehende Schwefelwasserstoffgas nicht mehr nach Chlorwasserstoffsäure riecht oder nicht mehr an der Luft raucht, so ist

die Zersetzung beendigt. Die in der Kugel bleibende Verbindung wird alsdann destillirt. Die ersten, übergehenden Tropfen sind etwas unklar, die später kommende Flüssigkeit aber ist farblos und wasserklar. Sie raucht ein wenig an der Luft, und besitzt einen eignen, durchdringend aromatischen Geruch, vermischt etwas mit dem von Schwefelwasserstoff. Sie ist schwerer als Wasser. Ihr Kochpunkt ist + 125°. Mit Wasser vermischt, zersetzt sie sich allmählig, wobei das Wasser durch abgesetzten Schwefel milchig wird. Von kaustischem Alkali wird sie aufgelöst, unter Bildung einer Chlorverbindung, eines phosphorsauren Salzes und einer Schwefelbasis. In 100 Theilen besteht diese Verbindung aus 62,60 Chlor, 18,95 Schwefel und 18,45 Phosphor, was 1 Atom Schwefel, 1 Atom Phosphor und 3 Atome Chlor ausmacht, die man sich so zusammengepaart denken kann, dass 1 Atom Chlorschwefel verbunden ist mit 1 Atom Phosphorchlorür, worin 1 Atom Phosphor mit 2 Atomen Chlor verbunden ist; wie die Formel $SCl + PCl^2$ zeigt.

Behandelt man, nach **Rose**, auf gleiche Weise Chlorschwefel mit Phosphorwasserstoffgas, so lange als noch Chlorwasserstoffsäuregas entwickelt wird, so erhält man eine syrupdicke Flüssigkeit von gelber Farbe. Von Wasser wird sie, unter Entwickelung des Geruchs nach Schwefelwasserstoff und Absetzung von Schwefel, zersetzt. Sie besteht aus 26,91 Chlor, 61,16 Schwefel und 11,93 Phosphor, entsprechend 1 Atom Phosphor, 5 Atomen Schwefel und 2 Atomen Chlor, die man sich zusammengepaart denken kann zu einer Verbindung von 2 Atomen Chlorschwefel mit 1 Atom Schwefelphosphor, der aus 1 Atom Phosphor und 3 Atomen Schwefel besteht, nach der Formel $PS^3 + 2SCl$.

Chlor mit Wasser. **Chlor mit Krystallwasser, krystallisirtes Chlor.** Wird Chlorgas in eine kleine Quantität Wasser von 0° Temperatur geleitet, so setzen sich aus diesem Wasser Krystallschuppen ab, und man kann es endlich ganz und gar in Krystalle verwandeln. Man kannte lange diese Krystalle, ohne bestimmt ihre Natur zu kennen; **Davy** zeigte, dass sie Wasser enthalten, und **Faraday** hat uns sowohl ihre Eigenschaften, als ihre Zusammensetzung näher kennen gelehrt. Er glaubt bemerkt zu haben, dass sie leichter im Dunkeln, als im Licht gebildet werden. Sie

sind von blasser hellgelber Farbe, von grösserem spec. Gewicht als 1,2, verdunsten leicht an der Luft und sublimiren sich in verschlossenen Gefässen, in einer Atmosphäre von Chlorgas, wie Campher, von einer Stelle zu der andern, wenn nämlich die Temperatur, ohne im mindesten über diejenige zu gehen, wobei sie gebildet werden, auf irgend einer Stelle des Gefässes niedriger wird, als auf der, wo die Krystalle liegen. Sie bilden bei dieser Sublimation Nadeln, welche bisweilen einen halben Zoll lang in das Gefäss reichen. Ihre Form scheint ein längliches Octaëder mit rhombischer Basis zu sein. In einer Temperatur über + 4° werden sie in Chlorgas und Wasser zersetzt. Faraday fand, dass auf 1 Volumen Chlorgas dabei eine Menge Wasser erhalten werde, die 20 Volumen Wassergas entspricht, oder dem Gewichte nach auf 100 Th. 27,7 bis 28 Th. Chlor und 72,3 bis 72 Th. Wasser. Diese Krystalle bieten eines der wenigen Beispiele einer chemischen Verbindung nicht oxydirter, einfacher Körper mit Wasser dar.

Einige Versuche, welche Faraday mit diesem Körper anstellte, gaben Veranlassung zur Entdeckung der Condensirung der Gase durch den Druck, welchen sie selbst ausüben. Eine Glasröhre wurde an dem einen Ende zugeschmolzen und in der Mitte in einem stumpfen Winkel gebogen. Hierauf wurden die Krystalle von Chlor hineingelegt und das offene Ende zugeschmolzen. Alsdann wurde das Ende der Röhre, in welchem die Krystalle lagen, in Wasser von + 15° gesenkt, wobei keine Veränderung bemerkt wurde. Dann wurde es in Wasser von + 32° à 33° gesenkt. Nun trennte sich das Chlor vom Wasser, und sank als ein dunkelgelber, ölartiger Körper zu Boden. Die darüber stehende Flüssigkeit schien ein gesättigtes Chlorwasser zu sein. Wurde die Röhre noch länger in dem Wasser gehalten, dessen Wärme noch etwas vermehrt, während das freie Ende abgekühlt wurde, so destillirte das Chlor über und sammelte sich in dem kalten Ende an. Das Gemenge von Chlor und Wasser wurde bei + 33° umgeschüttelt, ohne dass sie sich wieder verbanden, und in Ruhe gelassen, sank das Chlor zu Boden; als aber die Temperatur allmählig bis + 21° abnahm, so verbanden sie sich wieder und krystallisirten.

Chlorwasser, Bleichwasser. Chlor wird langsam

vom Wasser absorbirt, welches davon mehr als zweimal sein Volumen aufnimmt. Diese Auflösung ist blassgelb und hat in hohem Grade den Geruch des Chlorgases. Um das Wasser vollkommen mit Chlorgas gesättigt zu bekommen, ist es nothwendig, dass das eingeleitete Gas von atmosphärischer Luft und andern Gasen recht frei sei, aus Gründen, die später, bei Verbindung des Wassers mit Gasen im Allgemeinen, erörtert werden sollen. Diese Verbindung von Chlor mit Wasser ist indess nicht eine einfache Auflösung. Ein Theil Chlor zersetzt Wasser und giebt Chlorwasserstoffsäure mit seinem Wasserstoffe, während der Sauerstoff entweder mit einer andern Portion Chlor chlorige Säure, oder mit einer Portion Wasser Wasserstoffsuperoxyd bildet. Welches von diesen beiden gebildet wird, ist schwer mit Sicherheit auszumachen. Diese Zersetzung geht indessen nicht weit, und es werden nur ganz kleine Quantitäten von diesen Körpern gebildet; aber durch ihre Entstehung erlangt die Flüssigkeit die Eigenschaft, Sauerstoffgas zu entwickeln, wenn sie von den Sonnenstrahlen getroffen wird, was so lange dauert, bis sich alles Chlor in Chlorwasserstoffsäure verwandelt hat, so dass auf jeden Antheil der Sauerstoff haltenden Verbindung, welche durch das Sonnenlicht zersetzt wird, durch die Einwirkung des Chlors ein neuer Antheil gebildet wird, so lange noch das Wasser Chlor enthält. Wird diese Flüssigkeit, statt von dem Sonnenlichte getroffen zu werden, in Berührung mit einem durch eine Pflanzenfarbe gefärbten Körper gebracht, taucht man z. B. ein Lackmuspapier hinein, so wird die Pflanzenfarbe (Lackmus) zerstört, der hineingetauchte Körper wird farblos oder, wie wir es nennen, er wird gebleicht. Diese Wirkung beruht darauf, dass die Sauerstoff-Verbindung, welche durch Einwirkung des Chlors auf Wasser gebildet wird, die Farbe durch Oxydirung ihrer Bestandtheile zerstört, welche nun mit dem Sauerstoff ungefärbte Verbindungen bilden. Diese Eigenschaft des Chlorwassers wurde von Berthollet entdeckt, der dann den Gebrauch davon zum Bleichen im Grossen von Leinen und Baumwolle einführte. Beim Bleichen mit Chlorwasser, das wegen dieser Eigenschaft auch Bleichwasser genannt wird, hält die bleichende Wirkung so lange an, als die Flüssigkeit noch Chlor enthält; aber die Chlorwasserstoffsäure, welche dadurch

in der Flüssigkeit gebildet wird, kann dem Zeuche leicht schaden, wenn sie nicht wohl ausgewaschen wird. Jetzt wendet man deshalb meist eine Auflösung von chlorigsaurem Kalke in Wasser an, und bei der Beschreibung dieses Salzes werde ich von der sogenannten chemischen Bleiche ausführlicher sprechen. Eine ähnliche zerstörende Wirkung, welche das Chlor in Verbindung mit Wasser auf Farben organischen Ursprunges ausübt, äussert es auch auf riechende Ausdünstung von kranken oder todten Thieren und Pflanzen, so wie auf Ansteckungsstoffe, sowohl solche, welche durch die Luft mitgetheilt werden (*Miasmata*), als auch solche, welche nur durch unmittelbare Berührung anstecken (*Contagia*). Man bedient sich deshalb des Chlorwassers, um Leinen und Geräthschaften, die auf Ansteckungsstoffe verdächtig sind, zu waschen, und verbreitet Chlorgas in die Luft von Krankenzimmern, besonders während ansteckender Krankheiten. Das Chlorgas zerstört dann, mit Hülfe der Feuchtigkeit der Luft, diese schädlichen Einmengungen in derselben, und es wird nun in dieser Absicht allgemein in den Krankenhäusern gebraucht. Zur Entwickelung des Gases bedient man sich eines Gemenges von 1 Th. fein gepulvertem Braunstein und 2 Th. gestossenem Kochsalz, welches man in einer Schale theelöffelweise nach und nach mit einem Gemenge von Schwefelsäure mit gleichen Theilen Wasser übergiesst. Es fängt sogleich an, Chlorgas zu entwickeln, und hält damit eine Weile an. Man kann auch das in einer Schale enthaltene Braunsteinpulver von Zeit zu Zeit mit etwas Salzsäure befeuchten. Es versteht sich, dass in Zimmern, worin Kranke liegen, die Entwickelung von Chlorgas nicht so stark sein darf, dass es dem Athmen der Kranken beschwerlich fällt.

Der erste Versuch, durch eine ähnliche Räucherung stinkende animalische Effluvien zu zerstören, wurde von Guyton de Morveau 1769 gemacht, um den unerträglichen Leichengeruch in einer Kirche zu Dijon wegzuschaffen, als man im Frühjahre die Leichen hinausbrachte, welche während des Winters nicht begraben werden konnten und daher in die gemauerten Gräber der Kirche gesetzt worden waren. Guyton de Morveau wandte aber salzsaures Gas (Chlorwasserstoff) an, das zwar weniger kräftig ist, aber

doch die gewünschte Wirkung that. Nachher wäre diese Anwendung beinahe in Vergessenheit gerathen, als ein englischer Arzt, Namens **Smith**, durch Räucherungen mit Dämpfen von Salpetersäure, von Neuem die Aufmerksamkeit auf den Nutzen solcher sauren Räucherungen in Krankenhäusern bei ansteckenden Epidemien erregte. Späterhin fand man das Chlorgas von allen am wirksamsten, und nun kann man den Gebrauch des Chlorgases in solchen Fällen zu den vollkommen erprobten Mitteln rechnen.

6. Brom.

Das Brom ist 1826 von **Balard** entdeckt worden. Der Name ist von *βρωμος*, Gestank, abgeleitet, in Beziehung auf den starken und unangenehmen Geruch dieses Körpers. **Balard** fand ihn zuerst in sehr geringer Menge in der Mutterlauge, die bei den Salinen zu Montpellier nach der Krystallisation des Kochsalzes übrig bleibt. In dem Meerwasser ist er als Brommagnesium enthalten. Kurze Zeit nachher fand man ihn in bedeutender Menge im Wasser des todten Meeres und in fast allen Salzquellen des Continents, namentlich Deutschlands; so besonders in der zu Theodorshalle bei Kreuznach, worin er in hinreichender Menge enthalten ist, um ihn vortheilhaft daraus gewinnen zu können. In 150 Pfund Mutterlauge von dieser Saline sind ungefähr 66 Gramm Brom. Man kann annehmen, dass in seinem natürlichen Zustande das Kochsalz meistens von kleinen Mengen Bromnatrium und Brommagnesium begleitet ist.

Zur Ausziehung des Broms wendet **Balard** folgendes Verfahren an: Durch die bromhaltige Salzlauge, also z. B. die Mutterlauge von Salinen, wird ein Strom von Chlorgas geleitet, alsdann auf die Flüssigkeit eine gewisse Menge Aether gegossen und damit stark geschüttelt. Nachdem sich in der Ruhe der Aether wieder abgeschieden hat, erscheint er schön hyacinthroth gefärbt. Das Chlor hat nämlich das Brommagnesium unter Abscheidung des Broms zersetzt, welches letztere von dem zugemischten Aether dem Wasser entzogen wird. Um nun das Brom aus dem Aether abzuscheiden, schüttelt man ihn mit einer Auflösung von kaustischem Kali, womit sich das Brom verbindet, während der

Aether farblos wird, und von Neuem zu demselben Endzweck anwendbar ist. Diese Operationen wiederholt man mit mehreren neuen Antheilen von Mutterlauge, bis das Kali vollkommen gesättigt ist. Die Auflösung enthält ein Gemenge von bromsaurem Kali mit Bromkalium. Man verdampft sie zur Trockne und vermischt die Salzmasse mit gepulvertem Mangansuperoxyd, schüttet das Gemenge in eine kleine Retorte, und übergiesst es darin mit Schwefelsäure, die mit ihrem halben Gewichte Wasser verdünnt ist. Die Retorte, deren Hals bis auf den Boden einer kleinen, mit kaltem Wasser gefüllten Vorlage taucht, wird nun erwärmt. Das sich abscheidende Brom verflüchtigt sich in rothen Dämpfen, die sich in dem Wasser zu schwarzbraunen, schweren Tropfen verdichten. Bei diesem Verfahren nimmt das Kali auch eine kleine Menge Chlor auf, welches zugleich mit dem Brom vom Aether aus der Mutterlauge aufgelöst wurde, und sich dann, bei der Destillation der Kalisalze mit Mangansuperoxyd und Schwefelsäure, mit dem Brom entbindet. Aber das hierbei entstehende Chlorbrom bleibt im Wasser aufgelöst, worin sich das Brom allein verdichtet. Letzteres destillirt man noch einmal über Chlorcalium, um es von einem möglichen Wassergehalte zu befreien. Selten ist indessen diese letztere Operation nöthig; denn gewöhnlich pflegt man das Brom unter Wasser aufzubewahren, zur Vermeidung des grossen Verlustes, den es, ohne diese Vorsicht, beim jedesmaligen Oeffnen der Flasche durch Verflüchtigung erleidet.

Nach Desfosses soll man die Mutterlauge von Salinen mit gelöschtem Kalk (Kalkhydrat) digeriren, bis alle Talkerde gefällt ist, weil, ohne diese Vorsicht, die Flüssigkeit nicht ohne einen bedeutenden Verlust an Brom, welches als Bromwasserstoffsäure entweichen würde, und unter Fällung von Talkerde, abgedampft werden kann. Den gebildeten Niederschlag filtrirt man ab, dampft die Flüssigkeit zu einem geringeren Volumen ein, vermischt sie mit Mangansuperoxyd und ein wenig Chlorwasserstoffsäure, und destillirt sie, indem man die Operation unterbricht, so wie die Flüssigkeit zu kochen anfängt, wo keine rothen Dämpfe mehr kommen und das Brom übergegangen ist.

Um aus der Flüssigkeit, unter welcher bei diesen Operationen das überdestillirte Brom liegt, und welche eine ge-

wisse Menge Brom, mit Chlor verbunden, enthält, ersteres abzuscheiden, sättigt man sie mit Baryterdehydrat, verdampft zur Trockne, und erhitzt die Salzmasse bis zum Glühen, um die gebildete bromsaure Baryterde zu zerstören. Indem man alsdann das gepulverte Salz mit sehr concentrirtem Alkohol behandelt, löst dieser das Brombarium auf, und lässt das Chlorbarium ungelöst zurück. Das Bromür destillirt man alsdann mit Mangansuperoxyd und Schwefelsäure.

Sättigt man, nach Serullas, Brom zuerst mit Chlor und schüttelt dann die Flüssigkeit mit einem gleichen Volumen Aether, so zieht dieser das Chlorbrom vollständig aus dem Wasser aus. Man lässt letzteres davon ab, und schüttelt den Aether mit erneuerten kleinen Antheilen Wasser nacheinander. Das Chlor verwandelt sich dann allmählig allein in Salzsäure, die vom Wasser aufgelöst wird, ohne dass Brom mitfolgt. Sobald aber alles Chlor entfernt ist, fängt das Wasser auch Bromwasserstoffsäure aufzulösen an. Man entdeckt diess, wenn das mit dem Aether geschüttelte Wasser beim Vermischen mit etwas Chlorwasser gelb wird. Das Brom zieht man alsdann mittelst Kali's aus dem Aether aus. — Eine andere, vielleicht genauere Methode ist folgende: Man sättigt die Auflösung des chlorhaltigen Broms in Wasser vollständig mit Chlorgas. Sollte sich das chlorhaltige Brom in einer salzhaltigen Flüssigkeit befinden, so destillirt man es mit gehöriger Vorsicht in eine Wasser enthaltende Vorlage ab, sättigt dann das Destillat zuerst mit Chlorgas und setzt nun so viel kaustisches Kali hinzu, bis die Flüssigkeit farblos ist. Dabei bildet sich Chlorkalium, nebst chlorsaurem und bromsaurem Kali. Die Lösung wird nun mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, wodurch Chlorsilber und bromsaures Silberoxyd niedergeschlagen werden. Der ausgewaschene Niederschlag wird in einer verkorkten Flasche mit Barytwasser macerirt, wodurch sich in der Flüssigkeit bromsaure Baryterde bildet, ohne dass Chlorsilber zersetzt wird. Nach Abdampfung des Barytwassers, welches im Ueberschuss angewendet werden musste, erhält man krystallisirte bromsaure Baryterde, die, zur sicheren Befreiung von jeder Spur von Chlorbarium, mit ein wenig Weingeist von 0,84 gewaschen werden kann, worauf man sie durch Glü-

hen in Brombarium verwandelt, welches man durch Schwefelsäure und Braunstein zersetzt.

Das Brom ist bei gewöhnlicher Lufttemperatur flüssig; sein specifisches Gewicht ist 2,966. In Masse hat es eine dunkel braunrothe, fast schwarze Farbe; in dünnen Schichten ist es hyacinthroth. Es hat einen sehr starken, dem des Chlors ähnlichen Geruch und einen scharfen, zusammenschrumpfenden Geschmack. Bei einer Temperatur von — 22° bis — 25° erstarrt es zu einer harten, spröden, leicht pulverisirbaren Masse, von krystallinisch blättrigem Bruch und fast metallinisch-glänzender, bleigrauer Farbe. Selbst bei — 12° bleibt es lange fest. Sein Kochpunkt ist + 47°. Sein Gas, in welches es sich dabei verwandelt, ist roth, wie das der salpetrigen Säure, und von 5,3933 spec. Gewicht. Das Brom verdampft sehr leicht; ein einziger Tropfen, in einen grossen Ballon fallen gelassen, erfüllt ihn mit rothem Dampf. Seine Tension ist noch nicht bestimmt. Die Elektricität leitet es nicht; seine wässrige Auflösung leitet sie aber gut. Der elektrische Strom der Säule zersetzt das Wasser dieser Auflösung, ohne weder Bromsäure, noch Bromwasserstoffsäure zu bilden. Das Bromgas verlöscht die Flamme einer Wachskerze; im Augenblick des Verlöschens wird sie grün.

Das Brom ist nur in geringer Menge in Wasser löslich, und Wärme vermehrt nicht seine Löslichkeit. Die Auflösung hat eine orangerothe Farbe und ist auf der Oberfläche stets mit rothem Dampf bedeckt. Alkohol löst etwas mehr Brom auf, als das Wasser; noch mehr ist es in Aether löslich. Die Lösung hat eine hyacinthrothe Farbe; sie entfärbt sich allmählig und enthält alsdann Bromwasserstoffsäure.

Das Brom bleicht und entfärbt, gleich dem Chlor, gefärbte vegetabilische Substanzen. Holz, Kork, Harze, flüchtige Oele, überhaupt organische Materien, werden davon angegriffen; es wird dabei Wasser zersetzt, dessen Sauerstoff sich auf die organische Substanz wirft, während der Wasserstoff mit dem Brom Bromwasserstoffsäure bildet. Das Brom verbindet sich mit Stärke und färbt dieselbe gelb. Die Haut wird davon angegriffen und gelb gefärbt, welche Farbe erst wieder bei Erneuerung der Epidermis verschwindet. Innerlich genommen, bringt es tödtliche Wirkungen hervor.

Das Atom des Broms wiegt 489,153, und wird mit Br

bezeichnet. Mit anderen Körpern verbindet es sich vorzugsweise zu Doppelatomen. Br wiegt 978,306.

Das Brom verbindet sich mit *Sauerstoff* und bildet damit die Bromsäure, die einzige Oxydationsstufe, die bis jetzt bekannt ist, und wovon das Nähere bei den Sauerstoffsäuren. Die Vereinigung geht nur im Entstehungs-Augenblick vor sich.

Mit *Wasserstoff* verbindet sich dasselbe ebenfalls im Entstehungs-Zustande, und bildet damit eine gasförmige, sehr starke Säure, die Bromwasserstoffsäure, deren Beschreibung bei den Wasserstoffsäuren folgt.

Eine Verbindung von Brom mit *Stickstoff* konnte bis jetzt noch nicht hervorgebracht werden, so wahrscheinlich die Existenz derselben vorauszusehen ist.

Bromschwefel. Eine Verbindung von Brom mit Schwefel entsteht, wenn man letzteren, als Pulver, mit ersterem in Berührung bringt. Der Bromschwefel ist eine ölige, an der Luft rauchende Flüssigkeit von dunkelbrauner Farbe. Sein Geruch erinnert an den des Chlorschwefels. Kaltes Wasser wirkt nur wenig darauf; aber bei + 10° ist die Einwirkung stark genug, um eine kleine Explosion zu verursachen, wobei Schwefelsäure, Schwefelwasserstoff- und Bromwasserstoffsäure entstehen.

Bromphosphor. Mit Phosphor verbindet sich das Brom unter Wärme- und Licht-Entwickelung. Es giebt zwei solcher Verbindungen:

1) Das Phosphorsuperbromid; es entsteht, wenn das Brom im Ueberschuss zugegen ist. Es ist fest, gelb und schmelzbar zu einer rothen Flüssigkeit, die beim Erstarren in Rhomboëdern krystallisirt. Stärker erhitzt, kocht es und sublimirt sich in verworrenen Nadeln. An der Luft raucht es. In Wasser löst es sich mit Wärme-Entwickelung auf, unter Bildung von Phosphorsäure und Bromwasserstoffsäure. Es besteht aus 5 Volumen Brom und 1 Volumen Phosphor = PBr^5.

2) Phosphorsuperbromür entsteht, wenn man das vorhergehende mit 0,3 seines Gewichtes Phosphor destillirt. Es bildet eine gelbliche Flüssigkeit, die selbst bei — 15° nicht erstarrt. Es ist sehr flüchtig und an der Luft rauchend. Von Wasser wird es unter Wärme-Entwickelung in phosphorige

Säure und Bromwasserstoffsäure verwandelt. Es besteht also aus 3 Volumen Brom und 1 Volumen Phosphor = PBr^3. Es kann übrigens noch mehr Phosphor auflösen, ohne seinen flüssigen Zustand zu verlieren.

Chlorbrom. Chlor und Brom vereinigen sich leicht mit einander; das Chlor wird dabei aus seinem gasförmigen Zustand condensirt. Das Chlorbrom ist eine röthlich gelbe Flüssigkeit, heller als das Brom für sich, von lebhaftem, durchdringenden, die Augen zum Thränen reizenden Geruch und von höchst unangenehmen Geschmack. Es ist sehr flüchtig; sein Gas ist dunkel, wie das Chloroxyd, und nicht röthlich. In Wasser ist das Chlorbrom leicht löslich; die Auflösung ist dunkelgelb, besitzt den Geruch und Geschmack des Chlorbroms und entfärbt sehr schnell das Lackmuspapier. Mit Salzbasen vereinigt es sich und bildet dabei ein bromsaures Salz, ein Bromür und ein Chlorür von der Base.

Brom und Wasser. Wie das Chlor, verbindet sich auch das Brom mit Wasser zu einem krystallisirenden Körper. Nach Löwig bildet sich die Verbindung, wenn Brom mit wenig Wasser einer Temperatur von 0° ausgesetzt wird. Die Krystalle haben eine schöne rothe Farbe und sind reguläre Octaëder. Unter + 15° erhalten sie sich unverändert; darüber zersetzen sie sich in Brom und Wasser. Löwig fand sie zusammengesetzt aus 28 Theilen Brom und 72 Theilen Wasser.

Das Brom hat so grosse Analogie mit dem Chlor, dass fast Alles, was man von letzterem weiss, auch auf ersteres angewendet werden kann. Seine Verwandtschaften sind indessen viel schwächer, als die des Chlors, von dem es aus fast allen seinen Verbindungen ausgetrieben wird. Von der anderen Seite aber ist in dieser Hinsicht das Brom bei weitem stärker, als das Jod, welches den Gegenstand des folgenden Capitels ausmacht.

Das Brom hat bis jetzt weder in den Künsten noch in der Heilkunde eine Anwendung gefunden.

7. Jod.

Das Jod wurde im Jahre 1811 von Courtois, einem Sodafabrikanten in Paris, entdeckt. Er fand es in der Mut-

terlauge von der Sodabereitung aus der Art roher Soda, welche durch Einäscherung verschiedener Tangarten erhalten wird, und im Handel unter dem Namen Kelp oder Varec bekannt ist. Seine chemische Natur wurde zuerst von Humphry Davy und dann viel vollständiger von Gay-Lussac dargethan. Lange hatte man diesen Körper nur in der organischen Natur, nämlich als Bestandtheil verschiedener Seepflanzen, gefunden, besonders in mehreren Species von Fucus und Ulva, so wie in dem Badeschwamme (*Spongia officin.*), in welchem er, wenigstens zum Theil, als Jodnatrium enthalten ist, und in dessen Asche man ihn bloss mit Natrium vereinigt findet *). Es war natürlich zu vermuthen, es zögen diese Pflanzen diese Materie aus dem Seewasser aus; man hat es auch nach einigem misslungenen Suchen, nicht nur im Meerwasser gefunden, sondern auch im Kochsalze, aber beinahe überall, wo es vorkommt, nur in sehr geringer Menge. Im Mineralreich hat man es, mit Silber verbunden, bei Albarradon, unweit Zacatecas in Mexico, und mit Zink verbunden in Schlesien gefunden. Das letztere Vorkommen bedarf aber weiterer Bestätigung.

Das Jod wird auf folgende Weise dargestellt: Nachdem man die löslichen Theile im Kelp ausgelaugt hat, verdunstet man die Flüssigkeit zur Krystallisation, und erhält, in aufeinander folgenden Abdampfungen und Krystallisationen, zuerst fremde Salze und dann kohlensaures Natron; es bleibt zuletzt eine Mutterlauge übrig, welche keine Krystalle mehr liefert. Diese enthält nun Jodnatrium, verunreinigt durch Chlornatrium Schwefelnatrium, kohlensaures Natron, so wie schwefelsauren Kalk und schwefelsaures Kali. Man vermischt diese Flüssigkeit mit concentrirter Schwefelsäure im Ueberschuss und bringt das Gemisch in einem Destillationsapparat zum Kochen. Aus jenen Salzen wird hierbei Chlorwasserstoffsäure, Schwefelwasserstoffsäure und Jodwasserstoffsäure entwickelt; letztere aber zersetzt sich im Augenblick ihrer Entstehung

*) In dem weniger salzigen Wasser der Ostsee ist der Gehalt an Jod in der Asche dieser Pflanzen weit geringer, so dass man dessen Vorhandensein lange bezweifelt hat. Ich habe indess Gelegenheit gehabt, mich von dessen Gegenwart zu überzeugen bei Untersuchung der Asche von Tangarten von den Stränden von Blekinge.

mit Schwefelsäure auf die Weise, dass sich Wasser und schweflige Säure bilden und das Jod frei wird, welches als ein schön violettes Gas den Apparat anfüllt, und sich in dem kälteren Halse der Retorte und der angelegten Vorlage zu stahlgrauen, metallischglänzenden Krystallblättchen verdichtet. Wenn die Entwickelung von Joddampf aus der siedenden Flüssigkeit aufgehört hat, nimmt man das Jod aus dem Apparat heraus, spült es einige Male mit kaltem Wasser ab, presst es stark zwischen Löschpapier aus, und sublimirt es hierauf noch einmal in einem kleineren verschlossenen Gefässe. — Bei der Gewinnung des Jods hat man auch vorgeschlagen, die mit Schwefelsäure vermischte Soda-Mutterlauge, bevor man sie der Destillation unterwirft, vorher in einem offnen Gefässe eine Zeit lang zu kochen, bis der grösste Theil der Chlorwasserstoffsäure entwichen ist, und sie alsdann mit einem Zusatz von gepulvertem Mangansuperoxyd (Braunstein) zu destilliren. Die Abscheidung des Jods wird durch die Gegenwart des Superoxyds allerdings erleichtert, indem der Sauerstoff des letzteren das Natrium des Jodnatriums zu Natron oxydirt und so das Jod frei macht. Allein auf diese Weise erleidet man jedenfalls einen Verlust an Jod; einmal durch das vorhergehende Kochen der mit Säure versetzten Lauge in einem offnen Gefässe, wobei sich schon viel Jod verflüchtigen kann, und zweitens durch die Entstehung von Chlor aus noch unzersetzt gebliebnen Chlorüren der Lauge. Das Chlor verwandelt nämlich eine gewisse Menge Jod in Chlorjod, welches im Wasser aufgelöst bleibt und verloren geht.

Auch kann man aus der Mutterlauge Jod auf weniger umständliche Art erhalten, wenn man sie mit Salpetersäure vermischt, wodurch das Jod in Gestalt eines dunkelbraunen Pulvers niederfällt; man verliert aber dabei viel durch seine Löslichkeit in der Flüssigkeit und durch das Verdampfen beim Trocknen.

Serullas hat zur Fällung des Jods, aus der Mutterlauge von Soda, das schwefelsaure Kupferoxyd anzuwenden empfohlen. Da es aber von diesem Salz nicht vollständig niedergeschlagen wird, so soll man zugleich Eisenfeilspäne zusetzen, welche die vollständige Fällung bewirken, indem man nachher das gefällte Jodkupfer durch Schlämmen von den

den Feilspänen trennt. Diese Operation wird auf die Weise sehr vereinfacht, dass man 1 Th. schwefelsaures Kupferoxyd und $2\frac{1}{4}$ Th. schwefelsaures Eisenoxydul zusammen in Wasser löst, und von dieser Lösung so viel in die Mutterlauge giesst, bis sich kein Niederschlag mehr bildet. Der fast ganz weisse Niederschlag besteht aus Jodkupfer; mit diesem zugleich sind hierbei schwefelsaures Natron und schwefelsaures Eisenoxyd entstanden, die aufgelöst bleiben. Die vollständige Fällung des Jods beruht hierbei auf der Umwandlung des schwefelsauren Eisenoxyduls in schwefelsaures Eisenoxyd; ohne diesen Umstand würde das Jod nur unvollständig ausgefällt werden, weil das Kupfer des zersetzten schwefelsauren Kupferoxyds sich nur mit halb so viel Jod, als seine Schwefelsäure und sein Sauerstoff vom Jodnatrium abscheiden, verbinden kann. Das Jodkupfer wird alsdann sorgfältig getrocknet, mit seinem gleichen Gewicht trocknen Mangansuperoxyds gemengt, und bei starkem Feuer aus einer Retorte destillirt. Anfangs geht ein wenig Wasser über, später folgt das Jod, welches man in einer trocknen Vorlage aufsammelt. Die Ursache der Entwickelung des Jods beruht darauf, dass sich das Kupfer auf Kosten des Mangansuperoxyds oxydirt, so dass also ein Gemenge der beiden Oxyde in der Retorte zurückbleibt. Diese Gewinnungs-Methode des Jods verdient besonders in dem Falle den Vorzug, wenn eine Mutterlauge nur sehr wenig davon enthält.

Das Jod hat eine ausgezeichnete Neigung, Krystallgestalt anzunehmen, und kann sowohl auf trocknem als nassem Wege krystallisirt erhalten werden. Seine Krystalle scheinen längliche Octaëder mit rhombischer Basis zu sein. Es werden dabei gewöhnlich die stumpfen Winkel des Rhomboëders durch eine neue Fläche abgestumpft, welche so breit wird, dass die Krystalle platten, schiefen, vierseitigen Tafeln gleichen. Sie haben dieselbe dunkelgraue Farbe und denselben Glanz wie Mangansuperoxyd. So wie das Jod gewöhnlich im Handel vorkommt, stellt es kleine Krystallschuppen dar, an denen man keine regelmässige Gestalt bemerken kann. In feuchtem Zustande verdampft es ganz bedeutend an der Luft und verbreitet dabei einen dem Chlor sehr ähnlichen Geruch, welcher aber doch so viel Eigenthümliches hat, dass man beide auch an dem Geruche unterscheiden kann. Auf die

Zunge gelegt, erregt das Jod einen scharfen, dem Geruche analogen Geschmack, welcher lange anhält. In trocknem Zustande ist das Jod viel weniger flüchtig. Es schmilzt bei + 107° und erstarrt beim Erkalten zu einer im Bruche blättrigen, fettglänzenden Masse, welche sich leicht pulvern lässt. Bei + 175° bis 180° kocht es, indem es sich in Gas verwandelt, welches durch seine schöne, tief violette Farbe ausgezeichnet ist, die auch Gay-Lussac bestimmte, diesem Körper den Namen Jod (von ἰώδης, veilchenfarben) beizulegen. Das Jodgas ist von allen bekannten Gasen das schwerste. Sein spec. Gewicht ist nach Dumas 8,716, und zufolge der Rechnung nach seinen Verbindungsproportionen 8,7011. An kalte Körper setzt es sich in Krystallen ab.

Das Jod löst sich in geringer Menge in reinem Wasser auf, welches davon einen schwachen Geruch und eine röthlich gelbe Farbe annimmt, aber keinen Geschmack. Es enthält kaum $\frac{1}{7000}$ seines Gewichtes davon. Enthält dagegen das Wasser ein Salz, namentlich Salmiak oder salpetersaures Ammoniak, so löst es bedeutend mehr Jod auf; aber nach Gay-Lussac's Versuchen scheint diess nicht auf einer Zersetzung der Salze zu beruhen. Das Jodwasser entwickelt weder Sauerstoff im Sonnenlichte, noch bleicht es Pflanzenfarben; aber es verliert, in's Sonnenlicht gestellt, seine Farbe und enthält dann Jodwasserstoff und Jodsäure. Das Jod verhält sich im Uebrigen meist wie Chlor, hat aber viel schwächere Affinitäten wie dieses. Sein Atom wiegt 789,750 und wird mit I bezeichnet. Wie Chlor und Brom, verbindet es sich mit anderen Körpern vorzugsweise nach Doppelatomen. $\bar{I}$ wiegt 1579,499.

Mit *Sauerstoff* verbindet sich das Jod in zwei Verhältnissen und bildet ein Jodoxyd und eine Jodsäure, welche bei den Sauerstoffsäuren beschrieben werden sollen.

Mit *Wasserstoff* verbindet sich das Jod zu einer gasförmigen Säure, der Jodwasserstoffsäure, welche aus gleichen Maasstheilen Wasserstoffgas und Jodgas besteht, und deren Beschreibung unter den Wasserstoffsäuren folgt.

Jodstickstoff. Das Jod kann sich mit Stickstoff vereinigen; diese Verbindung wird auf folgende Weise dargestellt: Man übergiesst Jod mit kaustischem Ammoniak und lässt sie ½ Stunde mit einander in Berührung. Das Ammoniak wird

dann vom Jod auf gleiche Weise wie vom Chlor zersetzt. Ein Theil Jod verbindet sich mit Wasserstoff zu Jodwasserstoffsäure, welche sich mit Ammoniak sättigt und Jodammonium giebt; ein anderer Theil Jod verbindet sich mit dem Stickstoffe in dem Entwickelungs-Augenblicke, und bildet ein in Wasser unlösliches, schwarzes Pulver, welches man auf ein Filtrum nimmt und auswäscht.

Zur Darstellung dieses Körpers hat man ausserdem noch mehrere Methoden. Nach Mitscherlich löst man Jod in Königswasser auf und schlägt die Auflösung mit überschüssigem Ammoniak nieder, wodurch man die ganze Menge des Jods in Jodstickstoff verwandelt erhält. Da dieser Körper fast noch explodirender als Chlorstickstoff ist, so thut man wohl, hierbei nur wenig Jod auf einmal, z. B. nur einen Gran, anzuwenden, und alsdann das Filtrum, auf dem der Jodstickstoff aufgesammelt ist, noch nass in mehrere Stücke zu zerreissen, bevor man ihn trocknet, wodurch eine Explosion der ganzen Masse auf einmal vermieden wird.

Nach Serullas löst man Jod bis zur völligen Sättigung in Alkohol auf, filtrirt es nöthigen Falls, fügt einen grossen Ueberschuss von Ammoniak und alsdann so lange Wasser hinzu, als noch Jodstickstoff niederfällt. Nach Serullas ist er, auf diese Weise bereitet, weniger gefährlich zu handhaben und explodirt nicht unter Wasser, selbst nicht beim Umrühren mit einem Glasstab. Wird dagegen die Auflösung des Jods in Alkohol zuerst mit Wasser gefällt und alsdann Ammoniak zugesetzt, so ist er eben so explosiv, wie ohne vorhergegangne Behandlung mit Alkohol. Die Ursache dieses verschiednen Verhaltens ist nicht bekannt.

Der Jodstickstoff zeichnet sich durch dieselbe explosive Eigenschaft, wie der Chlorstickstoff, aus; ist aber noch gefährlicher, weil er nicht allein in trocknem Zustande durch die leiseste Berührung, ja öfters sogar von selbst explodirt, sondern weil seine Explosion auch selbst unter der Flüssigkeit durch stärkere Berührung erfolgt. Im Dunkeln ist dabei ein schwaches Licht zu bemerken. Sammelt man die Produkte der Detonation auf, so findet man, dass sie aus Jod und Stickgas bestehen, und sich in Gasform zu einander verhalten wie 3 : 1, oder vollkommen analog mit der Zusammensetzung des Chlorstickstoffs. Setzt man nassen Jodstickstoff

der Einwirkung der Luft aus, so wird er nach und nach zersetzt, es entweicht Stickgas, und das Wasser enthält ein Gemenge von Jodsäure und Jodwasserstoffsäure. Ebenso wird er von kochendem Wasser zersetzt, so wie von Auflösungen von Kali und Natron, ja sogar von neutralem Jodammonium. Von Schwefelwasserstoffgas wird er, unter Abscheidung von Schwefel, in Jodwasserstoffsäure und Ammoniak zersetzt.

Jodschwefel. Das Jod verbindet sich mit Schwefel, wenn beide mit einander vermengt und gelinde erhitzt werden. Nach dem Erkalten ist die Verbindung eine stahlgraue, glänzende, krystallinische Masse. Die Verbindung wird nach Henry d. ä. am besten krystallinisch, wenn man 4 Theile Jod auf 1 Theil Schwefel nimmt. Bei einer etwas höhern Temperatur, als die ist, wobei sie gebildet wird, trennen sich die Bestandtheile wieder, Jod entweicht als Gas, und Schwefel bleibt zurück.

Mit *Phosphor* verbindet sich das Jod in mehreren Verhältnissen. Die Vereinigung geht stets unter Wärme-Entwickelung vor sich, ohne dass sich jedoch die Masse entzündet, wenn der Zutritt der Luft abgehalten ist.

1 Theil Phosphor mit 6 bis 8 Theilen Jod giebt eine pomeranzengelbe Verbindung, welche bei $+ 100^0$ schmilzt und sich unverändert sublimirt. In Wasser löst sie sich auf, indem sie sich damit zersetzt, unter Bildung von Jodwasserstoffsäure und phosphoriger Säure, und Abscheidung von Phosphor. Hat man weniger als 6 Theile Jod auf 1 Theil Phosphor genommen, so ist der abgeschiedene Phosphor roth und entweder Phosphoroxyd, oder in derselben Modification, welche er durch das Sonnenlicht erlangt.

1 Theil Phosphor verbindet sich mit 12 Theilen Jod zu einer dunkelgrauen, krystallinischen Masse, welche bei $+ 29^0$ schmilzt. Von Wasser wird sie mit Leichtigkeit zersetzt und bildet Jodwasserstoffsäure und phosphorige Säure, sie ist also PI^3.

1 Theil Phosphor mit 20 Theilen Jod giebt eine schwarze Masse, welche bei $+ 46^0$ schmilzt, und sich beim Auflösen in Wasser in Jodwasserstoffsäure und Phosphorsäure verwandelt. Ihre Zusammensetzung wird demnach durch PI^5 ausgedrückt. Hat man noch mehr Jod genommen, so wird

die Auflösung braun von Jod, welches von der Jodwasserstoffsäure aufgenommen wird.

Chlorjod. Leitet man einen Strom von Chlorgas in ein Gefäss, worin sich Jod befindet, so wird das Gas sogleich absorbirt. Die entstehende Verbindung ist gelb und fest, wenn sie mit Chlor gesättigt ist, aber braun und flüssig, wenn sie überschüssiges Jod enthält. Auf einer bestimmten Verbindungsstufe wird sie erhalten, wenn man 1 Th. Jod mit 4 oder mehr Th. chlorsauren Kali's vermischt und destillirt. In der Retorte entsteht ein Gemenge von jodsaurem und oxydchlorsaurem Kali, unter Entwickelung von Sauerstoffgas und Bildung von Chlorjod, welches letztere sich in der Vorlage condensirt. Dieses Chlorjod ist eine gelbe oder röthliche, ölige Flüssigkeit, von eignem, stechendem Geruch, und schwach saurem, aber starkzusammenziehendem und beissendem Geschmack. Von Wasser und von Alkohol wird es mit gelber Farbe gelöst. Aus der Luft zieht es, unter Vergrösserung seines Umfangs, Feuchtigkeit an. Von Aether wird es aus der Wasser-Auflösung unverändert ausgezogen. Nach der freiwilligen Verdunstung des Aethers bleibt es wieder zurück, was zu beweisen scheint, dass es vom Wasser ohne Zersetzung aufgelöst wird. Bei Verdunstung seiner Auflösung in Wasser entweicht Chlor und die Flüssigkeit färbt sich von überschüssigem Jod braun. Es kann noch mehr Jod auflösen, welches sich aber durch Destillation wieder abscheiden lässt. Dieses flüssige Chlorjod giebt, nach Mitscherlich, wenn es mit kaustischem Ammoniak behandelt wird, chlorwasserstoffsaures Ammoniak und Jodstickstoff, ohne Entwickelung von gasförmigem Stickstoff, woraus hervorgeht, dass es aus 1 Atom Jod und 1 At. Chlor besteht, = ICl, oder in 100 Theilen aus 21,89 Chlor und 78,11 Jod. Dieser Umstand erklärt, warum es vom Wasser nicht zersetzt wird, sondern durch Aether daraus wieder unverändert abgeschieden werden kann. Es kann nämlich vom Wasser nicht auf die Weise zersetzt werden, dass der eine Bestandtheil mit dem Sauerstoff eine Verbindung einginge, der aus einer Quantität Wasser abgeschieden würde, deren Wasserstoff zur Sättigung des anderen Bestandtheils gerade hinreichend wäre.

Wird Jod vollständig mit Chlor gesättigt, so entsteht

eine starre, gelbe Verbindung. In der Wärme schmilzt sie, lässt sich aber nicht, ohne Chlor zu verlieren, verflüchtigen, nimmt aber beim Erkalten den verlorenen Antheil wieder auf. Sie raucht an der Luft, riecht stark nach Chlor und Jod, wird an der Luft feucht und zerfliesst, und löst sich in Wasser ohne Farbe auf, indem sie sich dabei in Chlorwasserstoffsäure und Jodsäure verwandelt. Wird sie in trocknem Zustande mit wasserfreiem Alkohol oder Aether behandelt, so ziehen diese Chlorwasserstoffsäure und Chlorjod aus, unter Zurücklassung von weisser, pulverförmiger Jodsäure. Wird die etwas concentrirte wässrige Lösung dieses Chlorjods mit einer gewissen Menge Schwefelsäure vermischt, so wird es wieder unverändert aus dem Wasser abgeschieden. Beim Erwärmen löst es sich wieder auf, beim Erkalten schlägt es sich wieder nieder. Ganz dasselbe findet statt, wenn man Chlorwasserstoffsäure und Jodsäure zusammen in wenigem Wasser auflöst und Schwefelsäure zusetzt, wobei sich, zufolge der Gegenwart der Schwefelsäure, Chlorjod bildet und ausscheidet. Nach Serullas soll diese Verbindung aus 1 Atom Jod und 5 At. Chlor bestehen, woraus folgen würde, dass sie von Wasser gerade in Chlorwasserstoffsäure und Jodsäure zersetzt werden müsse. Allein Liebig hat gezeigt, dass sie ein geringeres Verhältniss von Chlor enthält. Denn wird ein starkes Chlorjod, welches kein Chlorgas mehr zu absorbiren vermag, in Wasser gelöst und die Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron vermischt, so schlägt sich, nach Zusetzung einer gewissen Menge Alkali's, eine Menge Jod nieder.

Bromjod. Mit dem Brom verbindet sich das Jod in zwei Verhältnissen. Das Jodbromür entsteht, wenn Brom mit einem Ueberschusse von Jod zusammengebracht wird. Es ist ein fester Körper, der beim Erhitzen braunrothe Dämpfe giebt, die sich zu ähnlich gefärbten, Farrenkraut ähnlichen Blättern condensiren. Das Jodbromid wird auf dieselbe Art erhalten, mit dem Unterschiede, dass man einen Ueberschuss von Brom anwendet. Die Verbindung ist flüssig und von sehr dunkler Farbe.

Beide Verbindungen sind in Wasser löslich. Die Lösung entfärbt das Lackmuspapier, ohne es zuvor zu röthen. Dem elektrischen Strom der Säule ausgesetzt, sammelt sich am positiven Pole Brom, und am negativen Pole Jod an, ohne

dass sich von diesen Körpern weder eine Sauerstoff-, noch eine Wasserstoff-Säure bildet.

J o d u n d o r g a n i s c h e S t o f f e. Das Jod hat grosse Verwandtschaft zu verschiedenen organischen Materien, mit welchen es sich verbindet, ohne sie zu zersetzen, z. B. Zucker, Gummi, Stärke, flüchtige Oele und vor allen Terpenthinöl, u. a., wie bei Beschreibung dieser organischen Materien angeführt werden soll. Das Jod färbt die Haut braun, was indess bald wieder verschwindet. Auch Papier, Leinen und Holz färbt es braun, aber dann ist die Färbung beständig, und jene Stoffe werden davon spröde. Von Alkohol und Aether wird das Jod aufgelöst.

Unter diesen Verbindungen mit organischen Materien ist eine so charakteristisch, dass wir uns derselben zur Entdeckung des Jods bedienen, wenn dasselbe in so kleinen Mengen vorhanden ist, dass es auf andere Weise nicht bemerkt werden kann; diess ist nämlich die Verbindung des Jods mit Stärke. Vermischt man Stärke mit einer Flüssigkeit, welche freies Jod enthält, so verbindet sich die Stärke damit und wird davon röthlich, braunroth oder selbst schwarz gefärbt, je nach der verschiedenen Menge aufgenommenen Jods. Wird diese Verbindung in Alkali aufgelöst und durch eine Säure gefällt, so wird sie blau. Man hat drei Arten, um sich der Stärke als Reagens zu bedienen: *a*) die Stärke wird der Flüssigkeit beigemengt, welche, um das Jod aus jeder Verbindung frei zu machen, mit Salpetersäure sauer gemacht wird, worauf man das Gemenge wohl verschlossen stehen lässt. Nach und nach färbt sich hierbei die Stärke. S t r o m e y e r, welcher zuerst die Anwendung der Stärke als Reagens auf Jod kennen lehrte, giebt an, dass auf diese Art $\frac{1}{450000}$ aufgelösten Jods vom Gewichte der Flüssigkeit entdeckt werden könne. *b*) Die Flüssigkeit wird mit Salpetersäure in einer Flasche vermischt, in welcher man über die Oberfläche der Flüssigkeit ein feuchtes, mit etwas Stärke bestreutes Papier aufhängt, worauf die Flasche verkorkt und einige Stunden lang stehen gelassen wird. Enthält die Flüssigkeit Jod, so wird die Stärke davon gefärbt. B a u p, welcher zuerst diese Probe angab, hat gefunden, dass ein Milliontheil vom Gewichte der Flüssigkeit an Jod auf diese Weise sichtbar gemacht werden kann. Diese letztere Probe hat ausser-

dem den Vortheil, dass dabei die Stärke nur von Jod gefärbt werden kann, während diess, wenn es in die Flüssigkeit hineingelegt wird, auch durch andere Materien verursacht werden könnte, welche die Säure ausfällten, z. B. bei Prüfung der Mutterlauge verschiedener Sodaarten wird durch Salpetersäure nach einer Weile Berlinerblau gefällt, welches, mit der Stärke vermischt, leicht irre führen kann. c) Da das Chlor, wo es mit Jod zusammen vorkommt, leicht Chlorjod bildet, welches nicht auf Stärke reagirt, so löst man, in solchen Fällen, nach Balard, in der zu prüfenden und mit etwas Schwefelsäure versetzten Flüssigkeit durch Kochen etwas Stärke auf, giesst sie in eine Flasche und lässt nach dem Erkalten eine Schicht Chlorwasser darauf fliessen, mit der Vorsicht, dass sich beide Flüssigkeiten nicht mit einander vermischen. Ist Jod vorhanden, so wird sich auf der Berührungfläche der beiden Flüssigkeiten nach einiger Zeit eine blaue Färbung zeigen.

Das Jod ist in neuerer Zeit als ein sehr heroisches Heilmittel erkannt worden. Orfila fand, dass es, in grösseren Dosen innerlich genommen, giftige Wirkungen hervorbringe. Coindet entdeckte, dass es eine specifische Wirkung gegen den Kropf habe, und dass es im Allgemeinen, innerlich und äusserlich angewandt, Absorption und Umfangs-Verminderung im Drüsensysteme veranlasse.

8. Fluor.

Mit diesem Namen bezeichnen wir einen Körper, den man bis jetzt noch nicht isolirt darstellen konnte, und der in der Flusssäure der älteren Chemiker mit Wasserstoff verbunden enthalten ist. Das Fluor findet sich im Mineralreich ziemlich häufig, hauptsächlich verbunden mit Calcium. Diese Verbindung ist bekannt unter dem Namen Flussspath. Seltner findet es sich in Verbindung mit Eisen, Cerium, Yttrium, Aluminium, Magnesium und Natrium. Sehr viele Mineralien enthalten geringe Mengen davon, so z. B. der Glimmer, die Hornblende, der Scapolith, fast alle natürlichen phosphorsauren Salze u. s. w. Man findet selbst Spuren davon im Schmelz der Zähne und den Knochen der Thiere.

Unter allen Körpern hat das Fluor die stärksten Ver-

wandtschaften. Mit keinem der uns zu Gebote stehenden Mittel gelang es bis jetzt, dasselbe isolirt darzustellen. Es vereinigt sich mit den feuerbeständigsten Körpern, wie Kieselerde und Glas, indem es den darin enthaltenen Sauerstoff abscheidet und sich mit ihren Radicalen verbindet. Es verbindet sich bei allen Temperaturen mit Platin, Gold und Silber, so dass, wenn es auch glücken sollte, dasselbe zu isoliren, doch kein Gefäss zu seiner Aufsammlung geeignet wäre, weil es sich sogleich mit der Substanz des Gefässes verbinden würde. Ampère, der Erste, welcher die Flusssäure als eine Wasserstoffsäure betrachtete, schlug daher für das Radical dieser Säure den Namen Phthore, von φθορα, Zerstörung, vor, in Beziehung auf seine ätzenden Eigenschaften.

Das Atomgewicht des Fluors ist 233,801. Da man das Fluor nicht isolirt darstellen kann, so ist es auch nicht möglich auszumitteln, ob dieses Gewicht seinem doppelten oder seinem einfachen Atom zukommt. Da aber das Fluor mit den drei vorhergehenden Körpern so grosse Aehnlichkeit hat, so nehmen wir an, dass diess das Gewicht des Doppelatoms ist, also das einfache 116,900 wiegen muss. Es wird durch F bezeichnet; das doppelte mit F.

Humphry Davy hatte mehrere Versuche unternommen, das Fluor zu isoliren. In einem gläsernen Gefässe setzte er Fluorsilber der Einwirkung von Chlorgas aus. Das Chlor verband sich mit dem Silber; allein das Fluor wurde vom Glase absorbirt, und statt dessen Sauerstoff frei, vom Fluor aus der Kieselerde und dem Natron des Gases abgeschieden. Bei Wiederholung desselben Versuchs in einem Gefäss von Platin, bedeckte sich das Metall mit Fluorplatin. Nachher wollte er Gefässe von Flussspath (Fluorcalcium) machen lassen, zur Aufsammlung des Fluors, welches er aus Fluorphosphor, durch Verbrennung in trocknem Sauerstoffgas, abzuscheiden hoffte; allein es ist mir unbekannt, ob er diese Idee jemals ausgeführt hat.

Eine Verbindung des Fluors mit *Sauerstoff* ist nicht bekannt. Man könnte sagen, diese Körper seien beide zu elektronegativ, als dass sie Verwandtschaft zu einander haben könnten.

Mit *Wasserstoff* bildet das Fluor eine sehr starke Säure,

die Fluorwasserstoffsäure, deren Beschreibung bei den Wasserstoffsäuren folgen wird.

Ein *Fluorstickstoff* ist nicht bekannt.

Mit *Schwefel* und *Phosphor* geht das Fluor Verbindungen ein. Man erhält dieselben durch Destillation von Fluorblei oder Fluorquecksilber mit Schwefel oder Phosphor in Gefässen von Platin. Es entsteht ein Schwefel- oder ein Phosphor-Metall, und Fluorschwefel oder Fluorphosphor, die sich verflüchtigen. Nach Davy, welcher diese Verbindungen zuerst darstellte, sind es rauchende Flüssigkeiten. Der Fluorphosphor ist entzündlich und verbrennbar. Man nimmt an, dass sich dabei Phosphorsäure und gasförmiges Fluor bilde, welches sich in der Luft verbreite. Von Wasser wird er in phosphorige Säure und Fluorwasserstoffsäure zersetzt; er ist also Phosphorfluorür, $= PF^3$.

Das Fluor bildet einige in den Künsten anwendbare Verbindungen.

Allgemeine Betrachtungen über Chlor, Brom, Jod und Fluor.

Wir haben diese Stoffe als Körper einer ganz eigenthümlichen Klasse kennen gelernt, begabt mit Eigenschaften, die sie von den übrigen Metalloïden auszeichnen; denn 1) haben sie das Vermögen, bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft ihre Affinitäten zu den meisten Körpern mit ausgezeichneter Energie zu äussern, wogegen die der übrigen Metalloïde erst bei höheren Temperaturen wirksam werden. 2) Ihre Verbindungen mit Wasserstoff sind nicht allein Säuren, sondern gehören auch zu den stärksten Säuren, welche wir in der Chemie anwenden können, und gleichen dabei vollkommen in allen Verhältnissen den stärksten unter denjenigen, in welchen der Sauerstoff einen Bestandtheil ausmacht. Der Schwefel, das Selen und das Tellur geben wohl auch mit Wasserstoff Säuren, allein die sauren Eigenschaften derselben sind so wenig ausgezeichnet, dass man sie lange bezweifelte. Die Säuren, welche von Chlor, Brom und Jod mit Sauerstoff gebildet werden, sind schwächer als die mit Wasserstoff, dagegen sind die Schwefelsäure und die Selensäure die stärksten aller Säuren. 3) Wenn sie sich mit einem Metalle verbinden, so entsteht ein Salz. Die Verbin-

dung von Chlor mit dem Metalle Natrium ist unser gewöhnliches Kochsalz, dessen Benennung Salz dann auf die ganze Reihe gleichartiger Körper übertragen wurde. Ich habe bei Beschreibung der Verbindungen des Sauerstoffs mit brennbaren Körpern angeführt, dass die Oxyde, welche durch elektropositive Metalle und Sauerstoff gebildet werden, Salzbasen, und die, welche durch elektronegative und Sauerstoff entstehen, Säuren genannt werden, und dass, wenn sich eine Säure mit einer Salzbasis verbindet, ebenfalls ein Salz entsteht. Die Verbindung z. B. von Schwefel, Sauerstoff und Eisen hat eine so vollkommne Aehnlichkeit mit der von Chlor und Eisen, dass man, wenn die Krystallform zerstört ist, nicht nach den äusseren Charakteren, sondern nur durch chemische Untersuchung bestimmen kann, welche von beiden es ist. Wird Schwefel mit einem Metalle verbunden, so entsteht ein Körper, der einem Salze nicht ähnlich ist, und die elektropositiven Schwefelmetalle verbinden sich mit den elektronegativen Schwefelmetallen, gleich wie Salzbasen mit Säuren, zu salzartigen Körpern. Dem Stickstoff fehlt fast ganz das Vermögen, sich mit den Metallen zu verbinden, und der Phosphor hat es nur in sehr geringem Grade.

Diese Eigenschaft des Chlors, Broms, Jods und Fluors, mit Metallen Salze zu geben, ohne dass Sauerstoff mit eingeht, macht ihren Hauptcharakter aus. Aber er kommt nicht ausschliesslich diesen vieren zu, sondern auch mehrere zusammengesetzte Körper haben ihn mit diesen gemein, wie z. B. Stickstoffkohlenstoff, welchen ich später unter dem Namen Cyan beschreiben werde. Um mit einem gemeinschaftlichen Namen die eigne Klasse einfacher und zusammengesetzter Körper, welche mit den Metallen ohne Sauerstoff Salze geben, umfassen zu können, will ich sie S a l z b i l d e r (*Corpora halogenia*, von ἅλς, Salz, und γεννάω, ich erzeuge) so wie die dadurch gebildeten Salze H a l o ï d s a l z e nennen. Verfolgen wir das Beispiel mit dem schwefelsauren Eisenoxydul und dem Chloreisen noch weiter, so finden wir das Metall in letzterem vereinigt mit Chlor, und in ersterem mit Schwefel und Sauerstoff; nehmen wir dann den Schwefel und den Sauerstoff als mit einander verbunden an, so bekommen wir den Begriff von einem zusammengesetzten Salzbilder, in welchem nicht nur der Sauerstoff der Schwefel-

säure, sondern auch der Sauerstoff, welcher vor der Verbindung dem Eisenoxydul angehörte, als Bestandtheil eingeht, und es würde, wie ich übrigens, bei der Lehre von den Salzen im Allgemeinen, umständlicher zeigen werde, keine Schwierigkeiten mit sich führen, auf diese Art alle Salze als aus einem Metall und einem einfachen oder zusammengesetzten Salzbilder zusammengesetzt zu betrachten, wenn nämlich die zusammengesetzten Salzbilder, welche durch die Verbindung der Säure mit dem Sauerstoff der Base entstehen würden, je isolirt erhalten werden könnten. Wegen dieses Umstandes war man lange veranlasst, Chlor als einen solchen Salzbilder zu betrachten, der aus einem unbekannten Radicale, Murium, Muriaticum, und 2 Antheilen Sauerstoff zusammengesetzt sei, von welchen der eine Antheil jenes in eine Säure, Salzsäure, *acidum muriaticum* genannt, verwandelte, und von welchen der andere, den man halb so gross als den ersten glaubte, gerade hinreichte, zur Salzbasis das Metall zu oxydiren, womit sich Chlor vereinigte. Schon Scheele, welcher das Chlor entdeckte, betrachtete es so, und nannte es dephlogisticirte Salzsäure, was von den sogenannten antiphlogistischen Chemikern mit oxydirter Salzsäure (*acidum muriaticum oxygenatum*) übersetzt wurde, und was ich dann in Salzsäure-Superoxydul verwandelte, weil der Name oxydirte Salzsäure nach dieser Theorie der Chlorsäure zukam. Die Erscheinungen, welche von Chlor und den einfachen Salzbildern überhaupt mit andern Körpern hervorgebracht werden, sind so beschaffen, dass sie eben so gut nach dieser Ansicht, wie nach derjenigen erklärt werden können, nach welcher das Chlor als ein einfacher Körper betrachtet wird; und die grosse Analogie zwischen den Salzen, welche von Metallen mit Chlor, und denen, welche aus der Verbindung oxydirter Salzbasen mit Sauerstoffsäuren entstehen, veranlasste mich, die ältere Ansicht von Chlor, nach welcher es als ein oxydirter Körper betrachtet wird, lange als die wahrscheinlich richtigere zu vertheidigen. Der Umstand, dass es nie gelang, aus Chlor oder irgend einem wasserfreien salzsauren Salze Sauerstoff abzuscheiden, verbunden mit dem Verhalten des Kohlenstoffs zum Chlor, wovon später die Rede sein wird, schien indess darzuthun, dass man Chlor nicht für einen sauerstoffhaltigen Körper hal-

ten könne; und nachdem Salze entdeckt waren, die aus Metallen und einem zusammengesetzten Salzbilder bestehen, und in welchen die Abwesenheit des Sauerstoffs ausser allen Zweifel gesetzt werden kann, so war kein Grund mehr da, die alte Erklärungsart beizubehalten und Chlor als einen oxydirten Körper zu betrachten. Gay-Lussac und Thénard bewiesen zuerst, dass Chlor mit gleichem, wenn nicht grösserem Rechte, als ein einfacher und nicht als ein oxydirter Körper betrachtet werden könne; aber sie liessen die Wahl der Ansichten dahingestellt, bis Davy, dessen Versuche gleiche Ansichten bei ihm erweckt hatten, diese Erklärungsart als die einzig richtige aufstellte. Die nähere Entwickelung der älteren, nun verlassenen Ansicht werde ich bei den Haloïdsalzen anführen.

9. Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff kommt in der Natur selten vollkommen rein vor. Im Mineralreiche findet er sich mit andern Körpern vereinigt in grosser Menge, und in den festen Körpern des Thier- und Gewächsreiches ist er einer der häufigsten Bestandtheile. In seinem höchsten Grade der Reinheit bildet er einen Edelstein, den Diamant.

Die Diamanten finden sich in mehreren Gegenden der beiden Indien, besonders in Golkonda, Visapur, so wie in Brasilien. Sie sind meist mit einer undurchsichtigen Rinde umgeben und krystallisirt, theils in regelmässigen Octaëdern, theils in Krystallen, welche von 48 dreiseitigen gekrümmten Flächen gebildet werden. Wird die natürliche Rinde durch Kunst weggenommen, so erscheinen die Krystalle klar und völlig durchsichtig. Sie sind am gewöhnlichsten farbenlos, bisweilen aber auch gelblich, citrongelb, hellbraun, seltener rosenroth, grün oder blau, selbst auch dunkelbraun und schwarz. Der Diamant ist der härteste aller bekannten Körper; selbst der härteste Stahl vermag nicht seine Oberfläche zu ritzen*).

*) Man hat geglaubt, die äussere Rinde des Diamants sei härter als seine innere Masse, weil ungeschliffene Diamanten zum Glasschneiden gebraucht werden, geschliffene aber nicht dazu taugen, indem sie bloss das Glas ritzen, ohne es zu spalten; allein Wollaston

Sein specifisches Gewicht beträgt 3,50 — 3,53. Er bricht die Lichtstrahlen stärker als andere durchsichtige feste Körper, und da dieses stärkere Brechungsvermögen vielen unter den brennbaren Körpern angehört, so vermuthete schon Newton, dass der Diamant ein brennbarer Stoff sei. Auf Veranlassung des Grossherzogs Cosmus III. untersuchte die Akademie zu Florenz im Jahre 1694 das Verhalten des Diamants im Brennpunkte eines grossen Brennspiegels und fand, dass er sich nach und nach verzehre. Durch spätere, theils in verschlossenen Gefässen, theils in offenem Feuer angestellte Versuche fand man, dass der Diamant wirklich durch Brennen zerstört wird, und Macquer entdeckte 1771, dass er dabei selbst mit einer kleinen Flamme brenne. Lavoisier bewies endlich, dass beim Verbrennen des Diamants im Sauerstoffgase dieses in Kohlensäure verwandelt werde.

Der Diamant ist, wie aller Kohlenstoff, völlig feuerbeständig und erleidet durch die höchsten, uns bekannten Hitzgrade keine Veränderung, sobald er in verschlossenen Gefässen, und sorgfältig mit Kohlenpulver umgeben, oder in solchen Gasarten erhitzt wird, welche keinen Sauerstoff enthalten. — In der atmosphärischen Luft und im Sauerstoffgase verbrennt er, verlangt aber dazu eine weit höhere Temperatur, als die gewöhnliche Holzkohle, und entwickelt dabei nicht so viel Wärme, als zur Unterhaltung seines Verbrennens erforderlich ist. Daher verlöscht er in der Luft in wenigen Augenblicken, wenn man ihn aus dem Feuer oder aus dem Focus des Brennspiegels herausnimmt; im Sauerstoffgas hingegen fährt er fort zu brennen, selbst wenn er sich nicht mehr im Brennpunkte befindet, und verbrennt, wenn der Sauerstoff hinreichend ist, ohne allen Rückstand, indem man dabei auf seiner Oberfläche ein geringes Aufwallen bemerken kann. Das Produkt der Verbrennung ist Kohlensäure, und das Volumen der Luft oder des Sauerstoffgases wird nicht

---

hat neuerlich bewiesen, dass diess daher rühre, dass die Ecken der rohen Diamanten durch krumme Flächen gebildet werden. Ein Rubin, der so geschliffen wird, dass seine Flächen von gekrümmten Linien eingeschlossen sind, schneidet ebenfalls Glas, behält aber seine Schärfe nicht lange.

im mindesten verändert, wenn die Verbrennung über Quecksilber geschieht.

Ausser dem Diamant sind die merkwürdigsten und reinsten Kohlenarten:

1) Graphit (Reisblei), die dunkel bleigraue Masse, aus welcher unsere gewöhnlichen Bleistifte gemacht werden. Er ist ein eigenes Mineral, welches im Urgebirge, namentlich im Granit, Glimmer- und Thonschiefer, in einzelnen Lagern und zuweilen im Urkalk eingesprengt vorkommt, und in mehreren Ländern gefunden wird. Am reinsten hat man ihn bis jetzt in England, bei Borrowdale in Cumberland, gewonnen. Da der Graphit bei seiner Verbrennung fast stets eine sehr eisenhaltige Asche hinterlässt, und er sich so häufig beim Eisenschmelzen in der Masse und auf der Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Roheisens ausscheidet, so hielt man ihn lange Zeit für eine Verbindung von Kohlenstoff mit ungefähr 0,05 Eisen; allein neuere, besonders von Karsten angestellte Untersuchungen haben es ausser allen Zweifel gesetzt, dass der Graphit nur eine eigenthümliche Form des Kohlenstoffs ist, und dass die darin enthaltenen fremden Substanzen nur zufällige Einmischungen sind. Man kennt jetzt natürlichen Graphit, welcher beim Verbrennen kaum eine Spur von Asche hinterlässt; so z. B. der von Bareros in Brasilien. — Der natürliche Graphit findet sich zuweilen in sechsseitigen Tafeln krystallisirt. Sein spec. Gewicht ist 2,2.

2) Kohlenblende, Anthrazit, eine andere Art fossiler Kohle, welche der Steinkohle ähnlich ist, sich aber dadurch von ihr unterscheidet, dass sie ohne Flamme, Geruch und Rauch verbrennt.

3) Coaks; so nennt man in England die kohlige Masse, welche zurückbleibt, wenn man aus gewöhnlicher Steinkohle alle darin enthaltenen flüchtigen Theile durch Hitze ausgetrieben hat. Sie ist eine schwammige, eisenschwarze, fast metallisch glänzende Masse, die in kleinen Stücken gar nicht brennt, hingegen, in grösseren Massen entzündet, mit dem höchsten Hitzgrade verbrennt, den man im Grossen hervorbringen kann.

4) Holzkohle; sie entsteht, wenn Pflanzenstoffe und namentlich Holz, der Glühhitze ausgesetzt, oder, wie man es zu nennen pflegt, verkohlt werden, — eine Operation,

die zur Gewinnung der Holzkohlen im Grossen auf mehrfache Weise ausgeführt wird. Alle flüchtigen Stoffe werden dabei ausgetrieben, und der Kohlenstoff des Holzes, der Hauptbestandtheil desselben, bleibt in der Gestalt des Holzes und mit unzähligen Poren erfüllt, zurück. Die Kohle von hartem Holz ist schwer und fest, die von weicheren Holzarten leicht und lose. Die wärmegebende Kraft der Kohle steht mit ihrer Dichtigkeit in geradem Verhältniss.

5) Thierische Kohle; sie ist der vorhergehenden ähnlich, hat aber selten die Gestalt des verbrannten Körpers behalten. Die Thierstoffe schmelzen nämlich gewöhnlich bei der Verkohlung, und die entweichenden Materien verursachen dann eine Art von Kochen, in Folge dessen nachher die zurückbleibende Kohle ganz blasig erscheint. Dieselbe ist häufig fast metallglänzend, ähnlich den Coaks, wie überhaupt im Allgemeinen die Kohle von solchen Körpern, welche vor der Verkohlung erweichen oder schmelzen, wie Graphit eine Art dunkelgrauen Metallglanz besitzt, welcher auch einige Chemiker veranlasste, solche Kohle das Kohlenmetall zu nennen.

In den Gasbeleuchtungs-Apparaten, wo ein empyreumatisches pechartiges Oel aus dem aufsteigenden Leitungsrohr in die glühende Retorte zurücktropft, verkohlen sich diese auf einander fallenden Tropfen einer nach dem anderen, und es bildet sich daraus eine, nicht selten vegetationsartige Masse von reiner compacter Kohle, die viel härter als Graphit ist und sich durch ihren vollkommnen Metallglanz auszeichnet. Gay-Lussac hat eine Kohle der Art beschrieben, die sich in der Röhre eines Stubenofens abgesetzt hatte und eigenthümliche Verästelungen bildete.

Am reinsten von fremden Einmischungen erhält man schwarze Kohle, wenn man Kienruss oder Lampenruss in einem verschlossenen Gefässe weiss glüht. Auch erhält man sehr reine Kohle, wenn man Dämpfe von flüchtigen Oelen durch eine weiss glühende Porzellanröhre hindurchtreibt; die Oele zersetzen sich dabei und setzen in der Röhre viel Kohle ab. Vegetabilische Substanzen überhaupt, die beim Verbrennen keine Asche hinterlassen, wie z. B. Zucker, geben bei der trocknen Destillation ebenfalls eine reine Kohle.

Die grosse Unähnlichkeit zwischen diesen Kohlenarten und

und dem Diamant hat mancherlei Untersuchungen über den Grund derselben veranlasst. Biot und Arago schlossen aus ihren Versuchen über die strahlenbrechende Kraft des Diamants, dass er ungefähr ¼ seines Gewichts Wasserstoff enthalten könne. Allein Guyton und besonders Davy haben bewiesen, dass es sich nicht so verhalte, und letzterer, welcher eine sehr interessante Reihe von Untersuchungen darüber angestellt hat, glaubt den Unterschied zwischen dem Diamant und unserer gewöhnlichen schwarzen Kohle bloss in der Aggregationsform und in dem krystallisirten Zustande des erstern suchen zu müssen. Indessen hat er auch durch sehr genaue Versuche bewiesen, dass, wenn auf der einen Seite verbrennender Diamant nichts Anderes als reines Kohlensäuregas giebt, auf der andern Seite reine schwarze Kohle, wie sorgfältig man sie auch zuvor geglüht haben mag, beim Verbrennen doch immer Spuren von Wasser erzeugt, was anzuzeigen scheint, dass sie eine kleine Menge Wasserstoff in chemischer Verbindung enthält.

Sowohl Holzkohle, als jede andere Kohlenart, ist vollkommen feuerbeständig und unschmelzbar. Weder der Focus des Brennspiegels, noch die Entladung der elektrischen Säule, oder das Knallgasgebläse vermag dieselbe zu schmelzen. Silliman hat zwar angegeben, dass es durch Entladung von Hare's Deflagrator zwischen Spitzen von Kohle geglückt sei, die Kohle zu kleinen Kugeln zusammenzuschmelzen, welche Graphit glichen; aber aus seinen später fortgesetzten Versuchen scheint hervorzugehen, als seien diese Kugeln nur Glas oder Schlacke von der Asche gewesen, welche bei Verbrennung der Kohle zurückbleibt und bei dieser hohen Temperatur geschmolzen war; denn er erhielt diese Kugeln oft von grüner und bläulicher Farbe und selbst ganz farblos. Bei einer sehr hohen Temperatur werden die Eigenschaften der Holzkohle verändert, und sie fangen an immer mehr und mehr in die der metallglänzenden Kohle von schmelzenden organischen Körpern überzugehen. In ihrem gewöhnlichen Zustande ist die Holzkohle einer der schlechtesten Wärmeleiter, aber nach starker Erhitzung vermindert sich diese Eigenschaft. Solche Kohlen z. B., welche in den Hohöfen herunter an die Form fallen, und welche also der ganzen zur Reduction und Schmelzung des Eisens angewandten Hitze ausgesetzt waren, verlöschen so-

gleich. Nach dem Erkalten sind sie schwer, dicht, und so wärmeleitend, dass sie nicht mehrere Zoll weit von der Stelle berührt werden können, an der sie glühen. Deshalb sind sie auch so schwer zu entzünden, denn sie fangen an einem Punkte nicht eher zu brennen an, als bis die ganze Kohle fast dieselbe Temperatur hat, wobei die Anzündung vor sich geht. Die Holzkohle erlangt also durch die höhere Temperatur ein grösseres specifisches Gewicht, wird mehr wärmeleitend und weniger leicht entzündbar. Dagegen leitet die Kohle in jedem Zustande die Elektricität einigermaassen gut. Der Diamant hingegen ist nicht nur Nichtleiter, sondern er kann selbst, gleich dem Schwefel, durch Reiben elektrisch werden.

Die Kohle zeichnet sich durch zwei ungewöhnliche Erscheinungen aus, nämlich durch das Vermögen, aus Flüssigkeiten verschiedene aufgelöste Körper auszufällen und mit sich zu verbinden, und durch das Vermögen, in ihren Poren sehr bedeutende Mengen der sie berührenden Gase einzusaugen und zusammenzudrücken; von diesen ist erstere eine chemische, und letztere, allem Anscheine nach, eine mechanische, nur der Holzkohle angehörige Erscheinung. Ich werde diese beiden physischen Eigenschaften der Holzkohle näher anführen, ehe ich zur Beschreibung der chemischen Eigenschaften des reinen Kohlenstoffs übergehe.

1) Eigenschaft der Kohle, aus Flüssigkeiten aufgelöste Materien abzuscheiden. Diese Eigenschaft der Kohle wurde zuerst von Lowitz in Petersburg wahrgenommen, und dann später immer mehr zu technischem Behufe angewandt. Die hauptsächlichste Untersuchung über diesen Gegenstand wurde neuerlich von Bussy, und zum Theil auch von Payen und Desfosses in Paris, angestellt. Die Kohle erlangt diese Eigenschaft durch Ausbrennen in verschlossenen Gefässen, sie ist aber nicht aller Kohle eigenthümlich; denn z. B. der metallglänzenden Kohle, welche von Materien erhalten wird, die vor der Verkohlung schmelzen, fehlt dieses Vermögen ganz, wie fein sie auch zu Pulver gerieben sein mag. Obgleich Kohle von Holz dieses Vermögen kräftig zeigt, so wird es doch sehr bedeutend dadurch erhöht, wenn die Kohle mit einem chemischen Reagens zusammengebrannt wird, durch dessen Einwirkung sie eine feinere Vertheilung

erleiden kann. Die Kohle, welche von animalischen Materien, z. B. von getrocknetem Blute, von Haaren, Horn, Klauen u. a., erhalten wird, ist, wenn man sie mit kohlensaurem Kali brennt und dann mit Wasser auslaugt, die wirksamste von allen. Die Kohle wird hierbei dadurch zertheilt, dass der in den thierischen Materien enthaltene Stickstoff sich mit einem Theile der Kohle verbindet, und in dieser Verbindung vom Kali gebunden wird, welches man in diesem Zustande Blutlauge, so wie die übrigbleibende Kohle **Blutlaugenkohle** zu nennen pflegt. Diese befindet sich nun in dem am feinsten vertheilten Zustande. Weniger wirksam als diese, aber wirksamer als Holzkohle, ist diejenige Kohle, welche durch so lange fortgesetztes Brennen von Knochen in Destillationsgefässen erhalten wird, bis alle flüchtige Theile ausgejagt sind. Diese nennt man **Beinschwarz**, und die Kohle ist darin zwischen einer bedeutenden Menge phosphorsauren Kalks zertheilt. Dieser kann durch Salzsäure ausgezogen werden, wobei die Kohle zwar etwas, jedoch nicht ihre ganze Wirksamkeit verliert. Vegetabilische Materien geben eine wirksamere Kohle, wenn sie vor der Verkohlung fein zertheilt und mit Pulver von Bimstein, Kreide, Feuerstein, gebrannten Knochen u. dgl. wohl vermengt werden. Verschiedene Arten von Lignit oder Braunkohle (fossiles verkohltes Holz), in verschlossenen Gefässen wohl verkohlt, geben eine wirksamere Kohle als Holzkohle, und man hat gefunden, dass 100 Th. mit Wasser zu einem Breie angerührten Thons, in welchen man 20 Th. Theer und 500 Th. fein gepulverte Steinkohle einarbeitet, und welche Masse man hierauf trocknet und in einem verschlossenen Gefässe verkohlt, eine Kohle geben, die beinahe eben so wirksam ist als Beinschwarz.

Man hat noch nicht mit gehöriger Sorgfalt untersucht, welche Materien aus ihrer Auflösung in Wasser von der Kohle abgeschieden, und welche gar nicht davon gefällt werden. Man glaubte lange, die Kohle äussere diese Wirkung nur auf Verbindungen organischen Ursprungs, und vorzüglich auf Farb- und Riechstoffe, wie Fernambuck, Cochenille, Lackmus, Indigo (in Schwefelsäure gelöst), die rothe Farbe des Weines, die braune Farbe, welche die Auflösungen von Salpeter, Zucker und Bernsteinsäure färbt, stinkende

Effluvien gefaulter Körper, brenzliche Oele, Fuselöl (im Fruchtbranntwein), verschiedene flüchtige Pflanzenöle. Allein Graham hat gezeigt, dass sich diese Eigenschaft selbst bis auf unorganische Stoffe erstreckt. Er fand z. B., dass die Kalkerde aus Kalkwasser, Jod aus einer Auflösung in Jodkalium, neutrales salpetersaures Bleioxyd und alle von ihm versuchten basischen Metalloxydsalze, entweder in Wasser oder in Wasser und Ammoniak aufgelöst, von der Kohle so vollständig ausgefällt werden, dass in der Flüssigkeit nichts mehr zurückbleibt. Mehrere neutrale Salze dagegen, so wie arsenige Säure, werden aus ihrer Auflösung in Wasser nicht niedergeschlagen. Die Ausmittelung sowohl derjenigen unorganischen als organischen Körper, welche auf diese Weise von Kohle gefällt oder nicht gefällt werden, bietet demnach einen ganz interessanten Gegenstand für eine Untersuchung dar, um so mehr, als vielleicht von dieser Eigenschaft der Kohle in der analytischen Chemie Anwendung gemacht werden könnte.

Ueber die Art, wie die Kohle zu solchen Endzwecken anzuwenden ist, hat man keine sicheren Regeln. Gewöhnlich pflegt man die Kohle der Flüssigkeit, aus welcher eine Materie niedergeschlagen werden soll, beizumengen, oder auch damit zu digeriren und selbst zu kochen. Was aber in dem einen Fall das richtige Verfahren sein kann, kann das Gegentheil in einem anderen sein; und wenn in gewissen Fällen Wärme zur Erhöhung der Verwandtschaft der Kohle beitragen kann, so wird sie in anderen wiederum die der Flüssigkeit erhöhen; es kann also Fälle geben, wo die Kohle bei der Digestion wieder abgiebt, was sie in der Kälte aufgenommen hatte, und wieder andere, wo sie in der Wärme mehr aufnimmt als in der Kälte. Zur Erlangung sicherer Vorschriften wäre also erforderlich, eine erprobte Erfahrung über das Verhalten der Kohle zu einem jeden löslichen Körper zu seiner Auflösung in Wasser, in Alkohol, in sauren oder alkalischen Lösungsmitteln zu haben; aber diese Erfahrungen besitzen wir noch nicht.

Inzwischen verdankt man Dumont mehrere praktische Vorschriften zur zweckmässigen Anwendung der Kohle. Für die Zuckerraffinerien hat er einen Seihapparat eingerichtet, womit er den höchsten Grad von Wirkung, der von der

Kohle zu erwarten ist, erreicht zu haben scheint. Hierzu gelangt man nicht, wenn man die Kohle mit der ganzen Flüssigkeit auf einmal vermengt, weil sich alsdann die Kohle und die Flüssigkeit in die zu fällenden Substanzen theilen, und in Folge dieser Theilung, um sie auf Seiten der Kohle überwiegend zu machen, grössere Kohlenmengen erforderlich sind. Darum soll man, nach Dumont's Vorschrift, die Flüssigkeit durch eine Lage von Kohle gehen lassen, die eine grössere Höhe als Breite hat. Die Kohle darf nicht zu fein vertheilt sein, weil sie sonst zu leicht den Durchgang verhindert; dagegen muss sie aber in einem passenden Gefässe dergestalt eingepackt sein, dass kein Theil der Flüssigkeit vorbeilaufen oder sich durch die Kohlenschicht einen besonderen Kanal bilden kann. Zu diesem Endzweck muss die Kohle entweder mit reinem Wasser, oder am besten mit einem geringen Antheil derselben Flüssigkeit, die durchgeseiht werden soll, durchtränkt sein, worauf man sie in gehörigem Grade zusammendrückt, bevor man die zu reinigende Flüssigkeit aufschüttet. Nachdem diese gereinigt durchgelaufen ist, bleibt eine gewisse Menge davon in der Kohle zurück, die man mit einer entsprechenden Menge vorsichtig aufgegossenen Wassers fast ohne Verlust austreiben und wieder gewinnen kann. Giesst man mehr Wasser auf, so geht ein entsprechender Theil von diesem durch die Kohlenschicht und zieht einen Theil der vorher darin abgesetzten Substanz aus. Dieses Verhalten gründet sich darauf, dass, indem die Kohle nicht mit der ganzen Flüssigkeit vermengt wird, sondern nur mit dem in die Kohlenlage eindringenden Theil in Berührung kommt, die oberste Schicht der Kohle so viel aufnimmt, dass sie sich allmählig sättigt, während die tieferen Schichten noch nichts aufgenommen haben, und die Flüssigkeit fast gereinigt in die reinen Kohlenschichten gelangt, welche ihr die letzten Spuren von fällbaren Materien entziehen. Diess setzt sich so weit fort, dass die Flüssigkeit völlig gereinigt ausläuft, bis endlich auch die unterste Schicht mit so viel gefällter Materie imprägnirt ist, dass sie nun nicht mehr vollkommen reinigend wirken kann. Sie kann aber alsdann noch zur partiellen Reinigung einer Flüssigkeit dienen, die nachher noch einmal durch eine neue Kohlenlage geseiht wird, welche nun eine um so grössere Menge davon reinigt.

Bei chemischen Untersuchungen ist es daher am besten, Dumont's Filtrum nachzuahmen, auf die Weise, dass man die untere Oeffnung eines weiten Glasrohrs mit Leinen umbindet, darauf eine, nach Umständen, mehr oder weniger hohe Schicht von, mit reinem Wasser befeuchteter, Blutlaugenkohle legt, und darüber die durch die Kohle zu reinigende Flüssigkeit giesst, indem man davon vorsichtig nachschüttet. Am besten ist es, sich hierzu einen besonderen Trichter mit weitem und langem Halse einzurichten, dessen unterer Rand ausgebogen ist, um ihn mit Sicherheit mit Leinen umbinden zu können. Im Allgemeinen hat man sich zu erinnern, dass, je höher die Kohlenschicht im Verhältniss zu ihrem Durchmesser ist, um so sicherer sie reinigen wird, dass aber auch um so langsamer die Flüssigkeit hindurchläuft.

Die Verwandtschaft der Kohlen zu in Wasser aufgelösten Stoffen ist bisweilen so gross, dass, auf welche Weise sie auch angewendet werden mögen, sie auch die letzten Spuren davon wegnehmen. Mitunter schlagen sie aus Wasser einen Körper nieder, den sie aus einem sauren oder alkalischen Lösungsmittel nicht niederschlagen. In solchen Fällen wird das Niedergeschlagene aus der Kohle wieder aufgelöst, wenn Säure oder Alkali dem Wasser beigemischt wird. Wird eine Auflösung von Indigo in Schwefelsäure mit Kalk neutralisirt und filtrirt, und die blaue Flüssigkeit dann mit Kohle vermengt, so verliert sie ihre Farbe. Giesst man nun auf die von der farblosen Flüssigkeit getrennte Kohle eine Auflösung von Alkali, so wird die Farbe wieder ausgezogen und die Flüssigkeit wird blau. Wird das Alkali genau mit einer Säure gesättigt, so wird die Farbe wieder von der Kohle aufgenommen und die Flüssigkeit wird farblos.

Es ist sehr schwer, sich von dieser Art Verwandtschaft der Kohle eine bestimmte Vorstellung zu machen; diese Kraft erstreckt sich offenbar nur auf die Oberfläche der festen Kohle, sie scheint in keinem bestimmten Verhältniss statt zu finden, und keine Art von gegenseitiger Durchdringung zwischen Kohle und gefällter Materie zu sein, wie es etwa die Fällung von Schwefelsäure aus einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak durch Kalkhydrat ist. Das einzige bekannte Verhältniss, womit man diese Wirkung der Kohle vergleichen könnte, ist das in der Färberei gebräuchliche Beizen

der Zeuche und Gewebe, wobei diese, ganz analog mit dem Verhalten der Kohle, auf ihre Oberfläche gewisse aufgelöste, organische oder unorganische Stoffe in solcher Verbindung niederschlagen, dass sie nicht mehr von Wasser ausgezogen werden können, ohne dass aber die Fasern des Gewebes im Geringsten dadurch verändert erscheinen, und ohne dass der damit verbundene Stoff dadurch die Eigenschaft, auf gewöhnliche Weise von anderen Reagentien afficirt zu werden, verloren hat, wiewohl er mit der Faser in Verbindung bleibt, auf welchem Umstande gerade die Färbung des gebeizten Zeuches beruht, wie ich an seinem Orte zeigen werde.

Die Kohle, welche schon einmal gebraucht worden ist, verliert dadurch ihre Wirksamkeit und erlangt sie durch Brennen nicht wieder, weil die darin aufgenommene Materie beim Verkohlen in metallglänzende Kohle verwandelt wird; aber durch vorhergehende Mengung mit fremden unorganischen Materien, vorzüglich mit Pottasche, und durch nachheriges Auslaugen der Pottasche, bekommt sie dieselbe wieder. Diese Eigenschaft der Kohle benutzt man bei vielen Gelegenheiten, vorzüglich aber bei zwei technischen Operationen im Grossen, nämlich zur Entfärbung der Zuckerauflösungen bei der Zuckerraffination, und zur Wegschaffung des Fuselöls bei der Branntweinbrennerei.

Bussy hat folgende Tabelle über die Wirksamkeit verschiedener Kohlenarten entworfen, auf welcher sie mit dem Beinschwarz verglichen sind, als der schwächsten unter denselben, wiewohl es jedoch mehrere Male wirksamer ist, als die beste Kohle von Holz.

Kohlenart; eine Menge von 1 Gramm = $18\frac{1}{2}$ Gran.	Entfärbt eine Auflösung von Indigo, die $\frac{1}{1000}$ ihres Gewichts J. enthält, in Liter *).	Entfärbt einen Syrup von 1 Th. rohem Zucker und 20 Th. Wasser, in Liter.	Relative Entfärbung von Indigo.	Relative Entfärbung von Syrup.
Blut, mit kohlensaurem Kali gebrannt . .	1,6	0,18	50.	20.
Blut, mit Kreide gebrannt	0,57	0,10	18.	11.
Blut, mit phosphorsaurem Kalk gebrannt	0,38	0,09	12.	10.
Leim, mit kohlensaurem Kali gebrannt. .	1,15	0,14	36.	15,5
Eiweiss, mit demselben gebrannt	1,08	0,14	34.	15,5
Kleber, mit demselben gebrannt	0,34	0,08	10,6	8,8
Kohle von essigsaurem Kali	0,18	0,04	5,6	4,4
Kohle aus kohlens. Natron mit Phosph. red.	0,38	0,08	12.	8,8
Ungebrannter Kienruss	0,128	0,03	4.	3,3
Kienruss, mit kohlens. Kali gebrannt . .	0,55	0,09	15,2	10,6
Knochenkohle, nach Ausziehung der Knochenerde mit Säure und Brennen mit Pottasche	1,45	0,18	45.	20.
Knochenkohle, mit Säure behandelt . . .	0,06	0,015	1,87	1,6
Oel, mit phosphors. Kalk gebrannt . . .	0,064	0,017	2.	1,9
Knochenasche (Beinschwarz aus einer Salmiakfabrik)	0,032	0,009	1.	1.

Diese Tabelle zeigt dabei, dass die relative Wirksamkeit der Kohle für alle Materien nicht gleich gross ist.

Diese Eigenschaft der Kohle benutzt man auch, um ein verdorbenes und schlechtes Wasser wieder trinkbar zu machen. Wenn man Wasser, mit Kohlenpulver gemengt, aufbewahrt, so fault es nicht, oder wenigstens höchst selten, und man gebraucht daher jetzt auf der See zur Aufbewahrung des Wassers mit dem grössten Nutzen Holzfässer, welche vor dem Binden inwendig gut verkohlt worden sind. Diese glück-

*) Diese Versuche sind so angestellt worden, dass ein Gramm der Kohle in einen kleinen Glaskolben gebracht und von der lauen Probeflüssigkeit nach und nach kleine Mengen zugegossen und damit umgeschüttelt wurden, womit so lange fortgefahren wurde, bis die Farbe nicht mehr verschwinden wollte.

liche Entdeckung wurde von **Berthollet** gemacht. In diesem Falle scheint die Kohle vielmehr dem Anfange der Fäulniss vorzubeugen, oder sie abzuhalten, als das bereits Gefaulte allmählig wieder herzustellen.

Vermöge der Eigenschaft der Kohle, verschiedene durch Fäulniss gebildete Stoffe in sich aufzunehmen, kann man auch der Fäulniss organischer Körper, wenn man sie mit Kohle umgiebt, vorbeugen. Man hat z. B. Fleisch zwischen dicke Schichten von Kohlenpulver in luftdichten Gefässen eingepackt, und dann mehrere Monate lang bei $+10^0$ Wärme stehen lassen. Wenn man das Fleisch wieder herausnahm, fand man es vollkommen frisch, und erst nachdem es mehrere Tage der Luft ausgesetzt gewesen war, fing es an, in Fäulniss überzugehen. Man benutzt auch öfters in der Haushaltung diese Eigenschaft der Kohle bei Aufbewahrung thierischer Körper.

2) **Die Eigenschaft der Holzkohle, und der porösen Körper im Allgemeinen, in ihren Poren die Gase bis auf einen gewissen Grad zu condensiren.**

Wenn man glühende Kohle in einem luftdicht verschlossenen Gefässe erkalten lässt, oder, während sie noch glühend ist, in Quecksilber eintaucht, so erhält sie dadurch die Eigenschaft, die Gasart, in welche sie nachher gebracht wird, einzusaugen und gewöhnlich ihr mehrfaches Volumen davon in sich aufzunehmen. Dieses Verhalten wurde zuerst von **Fontana** bemerkt, dann durch Versuche von **Rouppe**, **Morozzo** und **Norden** bestätiget, die Ursache davon aber erst neuerlich durch **Saussure** ausgemittelt.

Er stellte seine Versuche mit Kohle von Buchsbaumholz an, die er nach starkem Glühen unter Quecksilber ablöschte. Sie absorbirte, bei $+ 12^0$ und 26,895 Barometerstand, von nachfolgenden Gasen so vielmal ihr eigenes Volumen, als die beigesetzten Zahlen anzeigen; nämlich Ammoniakgas 90; Chlorwasserstoffsäuregas 85; schwefligsaures Gas 65; Schwefelwasserstoffgas 55; Stickoxydulgas 40; Kohlensäuregas 35; Kohlenwasserstoffgas im Maximum 35; Kohlenoxydgas 9,42; Sauerstoffgas 9,25; Stickgas 7,5; Wasserstoffgas 1,75. Vom Stickstoffoxydgas nahm sie ihr 38faches Volumen auf, zerlegte es aber zum Theil. Nach 24 bis 36 Stunden hört alle Absorption auf, ausgenommen beim Sauerstoffgas, wel-

ches unaufhörlich, jedoch im abnehmenden Verhältnisse, eingesogen wird und dabei kohlensaures Gas bildet, welches die Kohle an sich behält. Dessen ungeachtet geht die Absorption des Sauerstoffgases in einem ganzen Jahre nicht weiter, als bis ungefähr zum 14fachen Volumen der Kohle.

Ist die Kohle von Feuchtigkeit durchdrungen, so vermindert sich ihr Vermögen, Gase einzusaugen, um ein Bedeutendes, so dass sie nunmehr nicht halb so viel mehr aufnehmen kann; und giesst man Wasser auf eine mit Gas gesättigte Kohle, so lässt sie einen Theil davon wieder fahren. Vom kohlensauren Gase lässt die Kohle 17 Volumina fahren, und behält nur 18 zurück; vom Sauerstoffgas giebt sie $3\frac{1}{4}$, vom Stickstoffgas $6\frac{1}{2}$, vom Wasserstoffgas $1\frac{1}{10}$ Volumina wieder von sich, das Uebrige bleibt in der feuchten Kohle zurück. Bei dieser Absorption der Gase durch die Kohlen entsteht in Folge der Verdichtung Wärme, so dass das Thermometer um mehrere Grade steigt, und diess geschieht um so merklicher, je schneller und stärker die Einsaugung vor sich geht. Wird diese Kohle unter die Luftpumpe gebracht, so giebt sie das Gas wieder von sich, es entsteht Kälte, und man kann unter der Luftpumpe eine gewöhnliche Kohle so luftfrei machen, dass sie, in ein Gas gebracht, fast eben so viel davon einsaugt, als ob sie geglüht worden wäre.

Die eingesogenen Gasarten können durch Hitze aus der Kohle wieder ausgetrieben werden, und man findet sie durch ihren Aufenthalt in der Kohlenmasse nicht im mindesten verändert. In einer dünneren Atmosphäre saugt die Kohle dem Gewicht nach eine geringere, dem Volumen nach aber eine grössere Menge Luft ein, wenn man das Volumen der Kohle mit dem Volumen der Luft in ihrem verdünnten Zustande vergleicht. So verschluckte z. B. Buchsbaumkohle bei 27 Zoll Barometerhöhe $34\frac{1}{2}$mal ihr Volumen kohlensaures Gas, bei $9\frac{1}{4}$ Zoll Barometerhöhe hingegen 69mal. Diese Eigenschaft beruht daher nicht auf chemischer Verwandtschaft, sondern ist eine mechanische Erscheinung; durch welche Kraft dieselbe aber hervorgebracht wird, ist noch nicht ausgemittelt.

Diese Eigenschaft, in den Poren Luftarten einzusaugen und zusammenzudrücken, ist aber der Kohle nicht allein eigenthümlich, sondern kommt allen porösen Körpern im All-

gemeinen zu. Jedoch erleidet sie mancherlei Veränderungen, nicht allein durch die Grösse und Anzahl der Poren, sondern auch durch die chemische Beschaffenheit des porösen Körpers, so dass ungleichartige Substanzen nicht nur überhaupt ungleiche Mengen Gas verdichten, sondern auch manche Körper gewisse Gasarten in grösseren relativen Verhältnissen, als andere Körper, condensiren; z. B. poröses Holz verdichtet, im Verhältniss seines allgemeinen Absorptions-Vermögens, mehr Wasserstoffgas als andere Körper. Die Grösse der Poren hat vielen Einfluss auf die Quantität der Absorption; zu grosse oder zu kleine Poren verhindern dieselbe gänzlich; z. B. Kohle von Kork hat so grosse Poren, dass sie gar nichts absorbirt; fichtene Kohle hat grössere Poren, als Buchsbaumkohle, und verdichtet daher kaum mehr, als halb so viel Gas, wie diese. Das Pulvern zerstört eine Menge Poren und vermindert die Absorption.

Der Graphit ist so dicht, dass er nichts condensirt. Saussure hat gefunden, dass verschiedene poröse Fossilien, z. B. Meerschaum, Klebschiefer von Menil-Montant, Asbest u. d. m., ferner verschiedene Holzarten, Wollen- und Seidenzeuche, aus welchen man die Luft unter der Luftpumpe ausgepumpt hat, Gasarten bis zu ihrem mehrfachen Volumen condensiren, jedoch in geringeren Verhältnissen, als Buchsbaumkohle, auch von einem Gase relativ mehr, als von dem anderen.

Wenn poröse Körper mit gemengten Gasarten in Berührung gebracht werden, so werden die letzteren nach dem zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Anziehung zu dem porösen Körper von diesem eingesogen. Am besten wird diess bemerklich, wenn man eine Kohle, die schon mit einem Gase gesättigt ist, in ein anderes Gas bringt, wodurch dieses sich in die Kohle eindrängt, und einen Theil von dem vorher darin aufgenommenen Gase heraustreibt. Das Volumen der Gasart, welches durch eine andere aus der Kohle ausgetrieben wird, ist verschieden, und hängt von dem Verhältnisse ab, in welchem die beiden Gasarten in dem nicht absorbirten Rückstande sich befinden. Je grösser die Menge des austreibenden Gases ist, desto mehr treibt es auch von einem anderen Gase aus; doch kann ein Gas niemals das andere völlig austreiben. Manche Gasarten werden in Gesellschaft mit einander mehr verdichtet,

als ein einzelnes von ihnen für sich; z. B. Sauerstoff- und Wasserstoffgas, kohlensaures Gas und Sauerstoffgas; es bildet sich aber dabei nicht einmal eine theilweise Verbindung zwischen zwei solchen Gasen, sondern das Sauerstoff- und Wasserstoffgas z. B. können, ohne Spur von gebildetem Wasser zurückzulassen, durch Wärme wieder verjagt werden. Hiervon machen jedoch das Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Ausnahme, die, wenn sie zusammen von Kohle eingesogen werden, nach Thénard's Versuchen, Wasser bilden und Schwefel in der Kohle absetzen.

Man hat schon längst gewusst, dass poröse und gepulverte Körper das Vermögen besitzen, selbst in trockener Luft Feuchtigkeit einzusaugen. Kohle nimmt sehr viel davon auf, und es ist bei chemischen Arbeiten oft recht schwierig, eine geglühte poröse Masse so zu wägen, dass sie nicht während des Wägens selbst in der trockensten Luft am Gewichte zunimmt. Diess wird durch das Angeführte erklärt. Die Luft enthält gasförmiges Wasser, das der poröse Körper verdichtet, und weil dasselbe leicht flüssig wird, so wird es in weit grösserer Gewichtsmenge, als permanente Gasarten, condensirt. So hat auch die Erfahrung bewiesen, dass das Gas von Alkohol und Aether in weit grösserem Verhältnisse, als z. B. kohlensaures Gas, welches permanent ist, verdichtet wird.

Diese Umstände dienen auch zur Erklärung einer von den Köhlern schon längst bemerkten Erscheinung, dass nämlich Kohle, welche an der Luft liegt, um 10 bis 20 Procent am Gewichte zunimmt. Dieser Zuwachs rührt sowohl von der atmosphärischen Luft her, welche die Kohle einsaugt und in ihren Poren zusammendrückt, als auch vom Wassergas, welches aus der Luft in Menge absorbirt und verdichtet wird. Wenn man diese Kohle erhitzt, so giebt sie Luft und Wasser wieder von sich; jedoch werden beide bei schneller Erhitzung leicht zerlegt, so dass die Gasarten, die man erhält, aus kohlensaurem Gas, Kohlenwasserstoffgas, Kohlenoxydgas und Stickgas bestehen. Aus diesem Vermögen der Kohle, sowohl Luft als Wassergas zu absorbiren, ist der Umstand zu erklären, dass, wenn man Kohle unmittelbar nach dem Glühen pulverisirt, noch ehe sie also ihre Absorption beendigt hatte und diese nun nachher vor sich geht, sich das Kohlenpulver in Folge

dieser Absorption so stark erhitzt, dass Feuer darin ausbricht, wie man diess zuweilen schon auf den Pulverfabriken bei grösseren Massen, von 80 bis 100 Pfund, nach 6- bis 10-stündiger Aufbewahrung, zu beobachten Gelegenheit hatte. Eine solche Entzündung findet aber niemals statt, wenn die Kohle vor dem Pulvern einige Tage lang an der Luft gestanden und ihre Absorption beendigt hat.

Verbindungen des Kohlenstoffs mit anderen Körpern.

Das Atomgewicht des Kohlenstoffs ist 76,438, und wird mit C bezeichnet. Das Doppelatom Ͼ wiegt 152,875. In der unorganischen Natur verbindet sich jedoch der Kohlenstoff fast stets nach einfachen Atomen.

Zum *Sauerstoff* besitzt der Kohlenstoff eine grössere Verwandtschaft, als die meisten anderen brennbaren Körper; aber diese Verwandtschaft äussert sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur und bei unvermengtem Zustande des Kohlenstoffs, sondern erst bei der Glühhitze. Inzwischen ist die Entzündlichkeit der Kohle nach der Temperatur, bei welcher die Verkohlung statt fand, sehr veränderlich. Je schwächer dabei die Hitze war, um so leichter entzündlich ist die Kohle, und geschah die Verkohlung mit besonderer Vorsicht bei der niedrigsten Temperatur, die möglich war, und mit sehr jungem Holz, so kann sich die so erhaltene Kohle selbst vor dem Glühen entzünden, und von selbst, auch bei einzelnen Stücken, zu brennen fortfahren, während die glänzende Kohle von schmelzenden organischen Materien, ferner die Coaks und die sehr stark geglühte Holzkohle schwer zu entzünden sind und nur dann zu brennen fortfahren, wenn sie in Haufen zusammenliegen, und die Stücke sich gegenseitig erhitzen können. Ist dagegen Kohle fein zertheilt und mit einem andern, weniger brennbaren, Körper vermengt, so ist sie, nach Wöhler's Versuchen, viel brennbarer, als in ungemengtem Zustande, und lässt sich bei, weit unter der Glühhitze liegenden Temperaturen entzünden *). Diess scheint

*) W. vermischte bei einem Versuche sehr genau Korkfeile mit Platinsalmiak, und bei einem andern mit Grünspan, und glühte das Gemenge in einem verschlossenen Gefässe. Die erkaltete Kohle

im Ganzen eine Entzündlichkeit von derselben Natur zu sein, wie diejenige, wenn gasförmige Körper in Berührung mit Platin kommen und sich dabei entweder bei gewöhnlicher Temperatur der Luft entzünden, oder bei einem niedrigeren Wärmegrad, als sonst zu ihrer Entzündung erforderlich ist, und diese Eigenschaft haben vermuthlich alle brennbaren Körper, in welcher Aggregationsform sie auch sein mögen, gemein. Die grosse Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoffe, so wie der Umstand, dass seine Verbindungen damit gasförmig sind, macht ihn vor allen anderen Körpern geeignet, den Sauerstoff den Metalloxyden zu entziehen und sie in ihren brennbaren oder metallischen Zustand wieder herzustellen.

Die Wärmemenge, welche die Kohle beim Verbrennen entwickelt, reicht, nach den Versuchen von Despretz, hin, bei 0° Temperatur eine Quantität Eis zu schmelzen, welche das 105,066fache vom Gewicht der Kohle beträgt. Die ungleichen Kohlenarten entbinden indessen nicht dieselbe Menge Wärme beim Verbrennen. Dieser Unterschied beruht aber auf der Grösse des Raumes, in den sich die freiwerdende Wärme verbreitet, und auf der Schnelligkeit der Verbrennung, das heisst, hängt von der Wärmemenge ab, die sich in einer gegebenen Zeit auf jedem Punkt entwickelt. Darum bringen dichte Kohlen eine grössere Temperatur-Erhöhung hervor, denn sie nehmen einen geringeren Raum ein, so wie auch durch das Anblasen des Feuers die Hitze erhöht wird, weil sie sich in Folge der schnelleren Verbrennung mehr anhäuft.

Der Kohlenstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff in mehreren Verhältnissen, unter denen einige von dem gewöhnlichen Verhalten anderer brennbarer Körper ganz abweichen. Sie gehören meist in die organische Natur and zu den Zerstörungs-Produkten in derselben. Hier werde ich mich nur bei denjenigen aufhalten, welche den Oxyden an-

entzündete sich zwar nicht bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, sie entzündete sich aber bei gelinder Erhitzung in einem offenen Gefässe über der Spirituslampe und brannte dann von selbst fort. Bei dieser Temperatur entzündete sich gewöhnliche Korkkohle nicht und verlöschte, wenn sie an einem Punkt durch unmittelbare Berührung einer Flamme entzündet war. Ebenso verhält sich die Kohle, welche nach dem Glühen von weinsaurem Ammoniak-Antimon in verschlossenem Gefässe zurückbleibt.

derer Metalloïde analog sind. Das erste und das letzte dieser Verhältnisse entsteht durch Verbrennung der Kohle, ersteres bei unvollkommenem, und letzteres bei überflüssigem Zutritte des Sauerstoffs. Wird ein gegebenes Volumen Sauerstoffgas in Kohlenoxydgas verwandelt, so verdoppelt es sich; wird es dagegen in Kohlensäure verwandelt, so bleibt es unverändert. Wenn 2 Volumen Kohlenoxydgas mit einem Volumen Sauerstoffgas verbunden werden, so entsteht kohlensaures Gas; aber von diesen drei Volumen verschwindet das eine, und das Volumen des kohlensauren Gases wird gleich dem des Kohlenoxydgases. Aus diesen Verhältnissen vermuthen wir, dass in dem Kohlenoxydgase ein Volumen Sauerstoffgas mit einem Volumen gasförmigen Kohlenstoffs verbunden sei, weil das Gas von jedem die Hälfte seines Volumens enthält, und dass in dem kohlensauren Gase zwei Volumen Sauerstoffgas und ein Volumen Koblengas verbunden sind; wir haben auf diese Art eine Möglichkeit gefunden, das relative Gewicht vom Volumen des Kohlenstoffs in Gasform kennen zu lernen, obgleich der Kohlenstoff für sich weder geschmolzen noch verflüchtigt werden kann. Die intermediäre Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff wird Oxalsäure genannt, kommt nur in der organischen Natur vor, und kann aus organischen Materien hervorgebracht, aber nicht aus ihren Elementen unmittelbar zusammengesetzt werden. 2 Volumen Kohlenstoff sind darin mit 3 Volumen Sauerstoff verbunden. In der Pflanzenchemie wird noch von der Honigsteinsäure die Rede sein, die aus 4 Volumen Kohlenstoff und 3 Volumen Sauerstoff besteht, und bei Beschreibung der Destillationsprodukte vom Weinstein werde ich noch einer Säure des Kohlenstoffs, der Krokonsäure, erwähnen, in welcher derselbe mit noch weniger Sauerstoff als im Kohlenoxydgas verbunden ist, indem nämlich diese Säure aus 5 Volumen Kohlenstoff und 4 Volumen Sauerstoff zusammengesetzt ist. Sie steht aber so auf der Grenze zwischen organischen und unorganischen Verbindungen, dass sie mehr diesen, als jenen anzugehören scheint.

Kohlenwasserstoff. Der Kohlenstoff kann sich mit dem Wasserstoff in sehr vielen verschiedenen Verhältnissen verbinden, wovon die meisten zu den organischen Körpern gehören, und flüchtige ölartige Verbindungen bilden, wie z. B. der feste Theil im Rosenöl, das Steinöl, mehrere flüchtige Oele, die

sich bei der trockenen Destillation organischer Körper bilden, und andere, die ich in der organischen Chemie beschreiben werde. Hier sollen nur zwei Verbindungen abgehandelt werden, die beide gasförmig sind, und in die Reihe der unorganischen Körper gehören.

1) Kohlenwasserstoffgas mit dem geringsten Kohlengehalte. Bei der Destillation mancher organischen Körper kommen, ausser Wasser und brenzlichem Oele, eine Menge stinkender Gasarten zum Vorschein, welche theils aus Kohlensäure, theils aus Kohlenwasserstoffgas, und theils aus Kohlenoxydgas bestehen. Von dem kohlensauren Gase kann das Kohlenwasserstoffgas durch Umschütteln mit Kalkwasser leicht befreit, vom Kohlenoxydgas aber nur mit grosser Schwierigkeit gereinigt werden.

Wenn man Campher, Alkohol oder Aether in einer kleinen Glasretorte erhitzt, und die Dämpfe durch eine glühende Röhre von Glas, Porzellan oder Kupfer leitet, so erhält man ebenfalls ein Gemenge von diesen Gasarten, nämlich Kohlensäure, Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas. — Man erhält diese Gasart auch, wenn man schwefelfreie und trockene Steinkohle für sich destillirt, und das Gas, ehe man es aufsammelt, durch ein glühendes Rohr leitet. Es enthält jedoch stets ein wenig Kohlenoxydgas, welches bei allen diesen Versuchen erzeugt wird. Die ungleiche Menge desselben macht, dass das erhaltene Gasgemenge auch eine ungleiche Quantität Sauerstoffgas zum Verbrennen erfordert und daher auch eine ungleiche Menge Kohlensäure giebt *).

Als

*) Dieser Umstand hat verschiedene Chemiker verleitet, solche Gasgemenge als Kohlenwasserstoff-Gasarten von ungleichem Kohlenstoffgehalte zu betrachten. Man hat z. B. geglaubt, dass das Gas, welches man erhält, wenn Wasserdämpfe durch glühende Kohlen geleitet werden, Kohlenwasserstoffgas sei; es enthält aber im Gegentheil nur wenig von diesem Gas, und besteht hauptsächlich aus reinem Wasserstoffgase, welches mit Kohlenoxydgas gemengt ist. 100 Volumen-Theile desselben nehmen beim Verbrennen nur 10 Theile Sauerstoff mehr, als das reine Wasserstoffgas, also nur 60 Theile Sauerstoffgas auf, und geben doch 35 Theile kohlensaures Gas. Es besteht, nach Henry's Versuchen, aus 5 Theilen Kohlenwasserstoffgas, 25 Theilen Kohlenoxydgas und 70 Theilen reinem Wasserstoffgas. Neuerdings sind diese unrichtigen Vorstellungen noch

Als die beste bis jetzt bekannte Art, dieses Gas zu erhalten, wird folgendes Verfahren angegeben. In stehenden Wassern, die sich in lockerem, sumpfigen Boden befinden, und in welchen dieses Gas durch die Zerstörung organischer Körper gebildet wird, stürzt man eine mit Wasser gefüllte Flasche um, in deren Mündung ein weiter Trichter befestiget ist, und rührt dann mit einem Stocke den Boden auf, wodurch Luftblasen emporsteigen, die man mittelst des, gerade über der aufgerührten Stelle gehaltenen Trichters auffängt und in die Flasche steigen lässt. Diess setzt man an mehreren Stellen fort, bis die Flasche gefüllt ist, und schüttelt dann das Gas mit Kalkwasser um, damit es von der Kohlensäure befreit werde. Gewöhnlich enthält es ausserdem auch noch etwas atmosphärische Luft.

Das Kohlenwasserstoffgas besitzt einen unangenehmen Geruch, ist schwerer als reines Wasserstoffgas, aber leichter als atmosphärische Luft. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu dem der letztern wie 0,5589 : 1,000.

Sein Vermögen, das Licht zu brechen, verhält sich gegen das Brechungs-Vermögen der Luft = 2,0927 : 1,000. 100 Maass-Theile Kohlenwasserstoffgas erfordern zu ihrer völligen Verbrennung 200 Theile Sauerstoffgas, und geben dabei 100 Theile Kohlensäuregas und ein wenig Wasser. Es besteht sonach aus 75,17 Theilen Kohlenstoff und 24,83 Theilen Wasserstoff, oder aus einem Volumen gasförmigen Kohlenstoffs und 4 Volumen Wasserstoffgas, zur Hälfte vom Volumen des letzteren oder $\frac{2}{5}$ vom ganzen Volumen des Gases condensirt, so dass von 5 einfachen Volumen nur 2 von der Verbindung entstehen. Seine Zusammensetzung kann mit CH^2 ausgedrückt werden. Es brennt mit einer schwachen blauen Flamme, die nicht leuchtet. Durch wiederholte elektrische Schläge wird es zerlegt, setzt dabei seinen Kohlenstoff ab, und zuletzt bleibt ein doppeltes Volumen Wasserstoffgas zurück. Dieselbe Zerlegung erleidet dasselbe, wenn man es durch ein

mehr berichtigt worden, seitdem man gefunden hat, dass das Kohlenoxydgas vom Kalium zerlegt wird, dass dabei Kali, mit Kohle gemengt, entsteht und das Gas condensirt wird. Auf diese Weise kann man dieses Gas stets vom Kohlenwasserstoffgase scheiden, weil letzteres von jenem brennbaren Metalle nicht angegriffen wird.

stark glühendes Rohr öfters hin- und herstreichen lässt. Im Wasser ist es schwer löslich; 14 Cubikzoll Wasser nehmen nur 1 Cubikz. davon auf. Es verbindet sich weder mit Alkalien, noch mit Erden, schlägt die Metallsalze nicht nieder, und zeigt keine Eigenschaften einer Säure.

Dieses Kohlenwasserstoffgas kommt oft in Steinkohlenflötzen, und zwar in einem sehr zusammengedrückten Zustande, in den Klüften derselben eingeschlossen, vor. Wenn man beim Arbeiten in Steinkohlengruben solchen Klüften nahe kommt, so öffnen sie sich und das Gas fängt an heraus zu strömen, um sich mit der Atmosphäre in's Gleichgewicht zu setzen, was oft mehrere Wochen dauern kann. Das Gas hat an sich keinen gefährlichen Einfluss auf die Gesundheit der Arbeiter; allein, wenn es sich bis auf einen gewissen Grad mit der atmosphärischen Luft vermischt hat, wird es durch die Lampen der Arbeiter entzündet, explodirt mit grosser Heftigkeit und tödtet die Arbeiter. Davy hat inzwischen ein Mittel entdeckt, solchen Unglücksfällen vorzubeugen, welches darin besteht, dass man die Flamme der Lampe mit einem dichten Gewebe von Messingdrath umgiebt. Ist das Gas explodirend, so entsteht zwar innerhalb des Drathgewebes eine Explosion; allein, weil das Gas vom Metalle abgekühlt wird, kann sich die Entzündung dem Gase ausserhalb des Gewebes nicht mittheilen. Die nähere Beschreibung dieser merkwürdigen Entdeckung wird man im letzten Theile dieses Lehrbuchs unter dem Artikel Lampe finden.

2) Kohlenwasserstoffgas mit dem grösseren Kohlengehalt (ölbildendes Gas). Man erhält dieses Gas, wenn man in einer, mit einer Gasleitungsröhre versehenen Retorte 1 Gewichtstheil Alkohol mit 4 Theilen concentrirter Schwefelsäure vermischt, und die alsbald eintretende Gasentwickelung durch gelindes Erwärmen des Gemisches unterstützt. Das Gas entwickelt sich in grosser Menge; gewöhnlich aber ist es mit schwefligsaurem Gas verunreinigt, von dem man es befreit erhält, wenn man es mit Kalkwasser schüttelt, oder vor dem Aufsammeln durch ein Gemenge von Wasser und gelöschtem Kalk (Kalkmilch) leitet. Nach J. Davy soll es ausserdem gewöhnlich noch 10 pCt. und darüber Kohlenoxydgas enthalten, eine Angabe, die näher geprüft zu werden verdient. Den innern Vorgang bei dieser gegensei-

tigen Einwirkung von Schwefelsäure und Alkohol, in Folge deren sich das Gas entwickelt, werde ich bei der Geschichte der Aetherarten später auseinandersetzen.

Das ölbildende Gas ist beinahe so schwer wie die atmosphärische Luft, die specifischen Gewichte beider verhalten sich, nach Saussure, wie 0,9852 : 1,000. Nach der Zusammensetzung berechnet, würde dieses Gas 0,9804 spec. Gewicht haben. Sein Lichtbrechungs-Vermögen verhält sich zu dem der Luft = 1,8186 : 1,0000.

Lässt man es in die atmosphärische Luft ausströmen, und entzündet es, so verbrennt es mit hellerer Flamme, als Kerzen- oder Lampenlicht, und man sieht aus der Aehnlichkeit seiner Flamme mit der eines brennenden Lichts, dass es vornehmlich die Bildung dieses Gases im Dochte des brennenden Lichts ist, welche die leuchtende Flamme desselben verursacht, wie weiter unten, bei Erklärung des Verbrennens in atmosphärischer Luft, näher gezeigt werden wird.

Vermischt man dieses Gas mit seinem dreifachen Volumen Sauerstoffgas und verbrennt es damit, so erhält man ein doppeltes Volumen kohlensaures Gas und ein wenig Wasser. Allein diese Verdoppelung des Volumens ist mit einer so gewaltsamen Explosion verbunden, dass die stärksten Röhren, die man dazu angewandt hat, stets mit Heftigkeit zersprengt worden sind. Will man daher die Produkte der Verbrennung des Gases bestimmen, so muss diess auf eine andere Weise geschehen.

Dieses Gas besteht aus 14,16 Theilen Wasserstoff und 85,84 Th. Kohlenstoff, und der Wasserstoff ist darin mit doppelt so viel Kohle, als im vorhergehenden Gase, verbunden, d. h. es besteht aus einem Volumen Kohlenstoffgas und 2 Volumen Wasserstoffgas, von 3 Volumen zu einem condensirt. Seine Zusammensetzung wird durch CH ausgedrückt.

Wie das vorhergehende wird auch dieses Kohlenwasserstoffgas durch schnell auf einander folgende elektrische Schläge zerlegt; der Wasserstoff wird frei, der Kohlenstoff aber niedergeschlagen, wobei sich das Volumen des Gases verdoppelt. Wenn ein Strom dieses Gases in die Luft auf Platinschwamm bläst, so entzündet es sich, wenn das Platin 300° Temperatur hat, nach Thénard's und Dulong's Versuchen.

Es wird leichter, als das vorhergehende, im Wasser aufgelöst; 100 Cubikzoll Wasser nehmen 15,3 Cubikzoll Gas auf. Es kann lange unverändert aufbewahrt werden, und wird durch Säuren, Alkalien oder Phosphor nicht verändert.

Wird dieses Gas durch eine glühende Röhre geleitet, so erhält man Wasserstoffgas, und in der Röhre setzt sich schwarze Kohle ab. Lässt man es durch eine Röhre mit geschmolzenem Schwefel gehen, so löst sich der Schwefel im Wasserstoff auf, bildet Schwefelwasserstoffgas, und die Kohle schlägt sich auf dem ungelösten Schwefel nieder, welcher davon schwarz wird. Wenn Dämpfe von Alkohol, Aether, und insbesondere von Campfer, durch glühende Röhren von Steingut oder durch Glasröhren geleitet werden, in welche Thon, Alaun oder Quarz eingelegt worden ist, so erhält man, neben dem zuerst beschriebenen Kohlenwasserstoffgase, auch eine kleine Menge von diesem.

Dieses Gas hat den technischen Namen ölbildendes Gas wegen seines Verhaltens zu Chlor erhalten, womit es sich condensirt und eine ölartige, oder richtiger, ätherartige Flüssigkeit bildet, welche den Namen Chloräther erhalten hat. Eben so verbindet sich dieses Gas mit dem Brom zu einer leicht schmelzbaren, und mit dem Jod zu einer festen ätherartigen Substanz, welche ich unter den Aetherarten in der organischen Chemie beschreiben werde.

Man bedient sich der Eigenschaft des Chlorgases, sich mit diesem zweiten Kohlenwasserstoffgas schnell zu condensiren, um dessen Gegenwart zu entdecken und dessen Menge in Gasgemengen zu bestimmen. Zu diesem Endzweck sammelt man reines Chlorgas über Wasser in einer graduirten Glasröhre auf, über welche man eine Röhre von Pappe überschieben kann, um den Zutritt des Lichts zu verhindern. Hierauf lässt man ein dem Chlorgase gleiches Volumen der zu prüfenden und zuvor in einer andern graduirten Glasröhre abgemessenen Gasart ein, und lässt das Gemenge zehn Minuten lang so stehen, worauf aller Chloräther gebildet ist. Bei Feuerlicht braucht man das Gemenge nicht mit der undurchsichtigen Röhre zu bedecken. Nachdem sich der Chloräther abgesetzt hat, setzt man das Gemenge dem Tageslichte aus, wodurch das Kohlenwasserstoffgas mit dem geringeren Kohlengehalt condensirt und Kohlensäure- und Chlorwasserstoff-

säuregas gebildet wird. Diese Prüfung scheint leicht zu sein, sie hat aber bei der Ausführung Schwierigkeiten, die bewirken, dass sie nie vollkommen genau werden kann. Denn macht man den Versuch über reinem Wasser, so wird hiervon ein Theil Chlorgas absorbirt, und dieses kommt nun als Chloräther in Rechnung, und stellt man ihn über Wasser an, das mit Chlor gesättigt ist, so bildet sich beim Durchgange des ölbildenden Gases durch dasselbe ein Antheil Chloräther, der nicht mit in Rechnung kommt. Zugleich muss man mit in Anschlag bringen, dass der Chloräther durch seine Flüchtigkeit eine Portion Chloräthergas in der Röhre bildet, welches bei $+ 9^0,3$ eine 62,6 Millimeter hohe Quecksilbersäule tragen kann. Nachdem man deshalb seine Correction gemacht hat, betrachtet man die Hälfte des verschwundenen Gases als ölbildendes Gas.

Das ölbildende Gas wird, nach Despretz, von Chlorschwefel aufgesogen, und bildet damit eine dicke, unangenehm riechende Flüssigkeit, die weniger flüchtig ist als Wasser.

Bevor ich den Abschnitt von diesen beiden Gasen verlasse, habe ich noch in der Kürze einige Worte über ihre technische Anwendung, nämlich über ihre Benutzung als Leuchtmaterial bei der sogenannten Gasbeleuchtung, zu erwähnen, welche sich in neuerer Zeit sehr ausgebildet hat, und besonders in England zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gelangt ist. Zu diesem Behufe werden sie aus Steinkohlen gewonnen, indem man dieselben in eignen gusseisernen Cylindern bis zum Rothglühen erhitzt. Das sich entwickelnde Gas wird, nachdem es den zugleich erzeugten Theer abgesetzt hat, durch ein Gemenge von Kalk und Wasser geleitet, um es von Schwefelwasserstoffgas und Kohlensäuregas zu befreien.

Das übrig bleibende Gas ist nun ein Gemenge der beiden Kohlenwasserstoffarten mit etwas Kohlenoxydgas, und seine leuchtende Eigenschaft beim Verbrennen hängt einzig und allein von der Menge des darin enthaltenen ölbildenden Gases ab. Dieses Gasgemenge wird in grossen Gasbehältern aus Eisenblech über Wasser aufgesammelt, aus welchen es dann durch einen ganz gelinden Druck, von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Wasserhöhe, durch luftdichte Röhren zu der Stelle geleitet

wird, wo es angezündet werden und brennen soll, und die oft sehr weit entlegen sein kann. Das Verfahren, die bei der Destillation organischer Stoffe sich entwickelnden Gasarten zu benutzen, wurde im Grossen zuerst von dem Franzosen Lebon angewandt, welcher seine Vorrichtung dazu eine Thermolampe nannte. Er entwickelte die Gasarten aus Holz. Der Engländer Murdoch nahm dazu Steinkohle statt des Holzes, die mehr leuchtendes Gas und bei der Destillation weniger stinkende Nebenprodukte giebt.

Da Oele, Talg und Harz mehr ölbildendes Gas als andere Körper liefern, so hat der Engländer Taylor einen Apparat erfunden, der so eingerichtet ist, dass schlechtes, zum Brennen in Lampen untaugliches Oel tropfenweise in ein schwach glühendes Rohr von Gusseisen fliesst und hier zerlegt wird, aus welchem dann das Gas in einen Behälter geleitet wird, und nachher, unter ähnlichen Vorrichtungen, wie das Steinkohlengas, angezündet werden kann. Schwartz hat in Schweden zu demselben Endzwecke den Gebrauch von Pechöl eingeführt, einer Art von brenzlichem Oel, welches man beim Einkochen des Theeres zu Pech erhält, und welches zuvor fast ohne alle Anwendung war. Es giebt fast eben so viel Licht, wie fette Oele, und kostet nur sehr wenig. Man hat sogar angefangen, zu demselben Zwecke mit grossem Vortheile den Theer selbst anzuwenden.

Henry hat gezeigt, dass die verschiedenen Steinkohlenarten auch verschiedene Mengen ölbildendes Gas geben, und daher für die Gasbeleuchtung nicht von gleicher Brauchbarkeit sind, indem z. B. die englische Cannel-Kohle ⅓ mehr Licht, als die gewöhnliche Steinkohle, giebt. Im Anfange der Arbeit erhält man ein grösseres Verhältniss von ölbildendem Gase, als gegen das Ende, weil das Gas bei höherer Temperatur seinen Kohlenstoff bis zu einem gewissen Grade verliert. Die Menge des ölbildenden Gases macht bei der Cannel-Kohle anfangs 16 Procent von dem Volumen des Gases aus, zuletzt aber nur 6 bis 4 Procent. Die gewöhnliche Steinkohle giebt anfangs 10 Procent, nachher nur noch 2 Procent und zuletzt gar kein ölbildendes Gas mehr. Die Anwendung des Oels zur Gasbeleuchtung scheint den Vortheil mit sich zu führen, dass es ganz in der Macht des Arbeitenden steht, durch Anwendung eines heftigen oder geringeren Hitz-

grades die grösste Menge ölbildendes Gas hervorzubringen. Glüht die Eisenröhre, worin das Oel zersetzt wird, nur dunkelroth, so wird nur wenig Gas gebildet, aber sehr viel brenzliches Oel; ist sie dagegen weissglühend, so wird meist nur das erste Kohlenwasserstoffgas gebildet. Bei einer gleichförmigen Rothglühhitze giebt das Oel das meiste leuchtende Kohlenwasserstoffgas, welches dann $\frac{1}{3}$ vom Volumen der entwickelten Gase beträgt; indess rechnet man im Allgemeinen nur auf $\frac{1}{4}$ ölbildendes Gas im Gase von Oel. Diese Menge wird auch im Gase von Pechöl erhalten, und nach Schwartz's Erfahrung bleibt das Gas von gleicher Beschaffenheit, bei welcher Temperatur auch das Pechöl zersetzt werde. — Da in allen diesen Gasgemengen das ölbildende Gas das hauptsächlich leuchtende ist, so bestimmt man, nach Fyfe's Angabe, ihren relativen Werth, hinsichtlich ihrer leuchtenden Kraft, nach der verschiedenen Volumenverminderung, welche sie durch Chlorgas erleiden.

Pfaff hat gefunden, dass diese brennbaren Gasarten, wenn man sie mit ihrem 2- bis $2\frac{1}{2}$fachen Volumen Sauerstoffgas mischt, im Newmann'schen Gebläse noch mit grösserem Vortheile, als reines Wasserstoffgas, gebraucht werden können, weil sie eine noch höhere Temperatur hervorbringen und eine grössere Menge von Knallgas auf einmal angewendet werden kann, indem diese Gasarten weniger leicht entzündlich sind, als das reine Wasserstoffgas, und daher, ohne Gefahr einer Explosion, ein weiteres Ausmündungsrohr gebraucht werden kann.

Stickstoff und Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff verbindet sich nicht unmittelbar mit dem Stickstoff, aber im Entstehungs-Zustande geht die Vereinigung ganz leicht vor sich. In der organischen Natur kommt Stickstoff, mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff verbunden, vor und macht den grösseren Theil der thierischen Materien aus. Werden diese getrocknet und dann in verschlossenen Gefässen durch Glühen zersetzt, so bleibt ein Theil des Stickstoffs in Verbindung mit der Kohle, und nach verschiedenen Verfahrungsarten kann man Verbindungen von verschiedenem Stickstoffgehalte hervorbringen. Unter diesen ist jedoch nur eine

als eine richtig proportionirte bekannt und vollständig untersucht, nämlich:

Das Cyan. Es wurde 1814 von Gay-Lussac entdeckt und untersucht. Er nannte es *Cyanogene* (von *κυανος*, blau), weil es mit Eisen das Berlinerblau erzeugt, welcher Name im Deutschen zu Cyan abgekürzt worden ist.

Um Kohlenstoff und Stickstoff in dem Verhältnisse, worin sie Cyan bilden, verbunden zu erhalten, vermengt man getrocknete thierische Materien, z. B. getrocknetes Blut, Horn, Klauen u. dergl., mit kohlensaurem Kali, und glüht sie zusammen, bis alle flüchtigen Theile ausgetrieben sind. Hierbei wird das Kali von der Kohle zu Kalium reducirt und ein anderer Theil Kohle bildet mit dem Stickstoff Cyan, welches sich mit dem Kalium zu Cyankalium verbindet, bei dessen Beschreibung weiter unten die Einzelnheiten dieser Operation angeführt werden. Vom Kalium kann das Cyan durch doppelte Zersetzung, wie man es nennt, auf andere Metalle übertragen werden. Gewöhnlich überträgt man es zuerst auf Eisen, mit dem es das Berlinerblau giebt, eine im Handel allgemein vorkommende Malerfarbe. Will man Cyan in isolirter Form haben, so überträgt man es vom Berlinerblau auf Quecksilber auf die Weise, dass man Quecksilberoxyd mit Berlinerblau und Wasser digerirt, wobei sich das Eisen mit dem Sauerstoffe des Oxydes zu Eisenoxyd, und das Quecksilber mit dem Cyan zu Cyanquecksilber verbindet, welches sich mit Wasser auflöst, und hierauf beim Verdampfen des Wassers in Krystallen erhalten wird. Um diese Verbindung vollkommen rein zu erhalten, muss man indess einige Vorsichtsmassregeln beobachten, die ich bei der Beschreibung des Cyanquecksilbers auseinandersetzen will.

Das Cyan erhält man aus reinem, vollkommen trockenem Cyanquecksilber, indem man es in einer kleinen Glasretorte über einer Spirituslampe erhitzt. Durch die Hitze werden Cyan und Quecksilber von einander getrennt, gleich wie Sauerstoff und Quecksilber beim Erhitzen von Quecksilberoxyd. Das Quecksilber nimmt Metallform an, und das Cyan geht als Gas weg und kann aufgefangen werden. Da es in Wasser löslich ist, so muss man es über Quecksilber auffangen. Ist das Cyanquecksilber, dessen man sich

bedient, entweder feucht oder enthält es Quecksilberoxyd (mit welchem es sich chemisch verbinden kann), so erhält man ein durch Kohlensäuregas und Cyanwasserstoffgas sehr verunreinigtes Cyangas. Wenn die Gasentwickelung aufgehört hat, so findet man das Quecksilber gewöhnlich in der Wölbung oder dem Halse der Retorte metallisch angesammelt. Auf dem Boden der Retorte sollte nun eigentlich nichts mehr sein; aber gewöhnlich bleibt eine kohlenartige Materie zurück; sie ist aber nicht reine Kohle, sondern enthält noch Stickstoff, wie weiter unten noch näher erörtert wird. Stets wird auch ein kleiner Theil Cyanquecksilber unzersetzt sublimirt.

Das Cyangas gehört zu der Klasse gasförmiger Körper, welche wir coërcible nennen. Bei einem Drucke von $3\frac{2}{3}$ bis 4 Atmosphären wird es zu einem farbenlosen Liquidum condensirt, welches sich noch bei — 80° flüssig erhält, und welches das Licht weniger bricht als Wasser. Sein spec. Gewicht ist ungefähr 0,9, es schwimmt also auf Wasser, wovon es nicht in bedeutendem Grade aufgelöst zu werden scheint. Flüssiges Cyan wird am leichtesten erhalten, wenn man in eine in einen Winkel gebogene und an dem einen Ende verschlossene Glasröhre Cyanquecksilber legt, und dann das offene Ende zuschmilzt. Hierauf erhitzt man das Ende, wo das Cyanquecksilber liegt, über einer Spirituslampe, und kühlt das andere ab, wobei das Cyan condensirt wird. Oeffnet man dann die Röhre, so verdampft das Cyan schnell unter Kälte-Erzeugung, aber ohne Explosion. —

Das Cyangas ist farblos, hat einen starken, durchdringenden, schwer zu beschreibenden Geruch, der einen eigenen stechenden Reiz im vordern Theile der Nase und ein eigenes Gefühl in den Augen hervorbringt. Sein specifisches Gewicht ist 1,8064. In Glas- oder Porzellangefässen kann es eine sehr hohe Temperatur ertragen, ohne zersetzt zu werden. Wasser nimmt davon $4\frac{1}{2}$mal und Alkohol bis 23mal sein Volumen auf. Beide Auflösungen färben sich allmählig braun und setzen eine schwarze oder schwarzbraune Materie ab. Es ist auch in Aether und Terpenthinöl auflöslich. Vom elektrischen Funken wird es, nach Davy's Versuchen, allmählig zersetzt, unter Absatz von Kohle und ohne Volumen-

Veränderung. Ueber weissglühendes Eisen geleitet, wird es ebenfalls zersetzt, es wird Stickgas frei und Kohle setzt sich auf das Eisen ab. Es kann entzündet werden und brennt dann mit bläulicher, mit Purpurroth gemengter Flamme. Mit Sauerstoffgas gemengt, kann es durch den elektrischen Funken entzündet werden und explodirt dann in verschlossenen Gefässen. Cyangas und Sauerstoffgas, mit einander vermengt, verbinden sich nicht, nach Wöhler's Versuchen, in Berührung mit Platinschwamm bei gewöhnlicher Temperatur; wird aber heisser, jedoch nicht glühender Platinschwamm in einen Strom von Cyangas in atmosphärischer Luft gebracht, so fängt der Schwamm an zu glühen, was so lange dauert, als er noch mit Cyan in Berührung ist. Wird Cyangas über ein glühendes Metalloxyd, z. B. Kupferoxyd, geleitet, so wird es in ein Gemenge von kohlensaurem Gas und Stickgas verwandelt, wovon ersteres dem Volumen nach gerade zweimal so viel beträgt als letzteres. Da das Kohlensäuregas die Hälfte von seinem Volumen Kohlenstoff enthält, so besteht das Cyangas aus einem Volumen gasförmigen Kohlenstoffs und einem Volumen Stickgas. Aus dem specifischen Gewichte des Gases findet man, dass diese zu einem Volumen condensirt sind. Dem Gewichte nach besteht es in 100 Theilen aus 45,94 Kohlenstoff und 54,06 Stickstoff.

Das Atomgewicht des Cyans ist 164,956. Am richtigsten wäre es, dasselbe mit NC zu bezeichnen, dem Zeichen für die Atome des Kohlenstoffs und Stickstoffs; allein es ist bequemer, ein eignes Zeichen dafür zu gebrauchen, wozu wir Cy wählen wollen. Gleich den einfachen Salzbildern verbindet es sich mit andern Körpern vorzugsweise in Doppelatomen. Ͼy wiegt 329,912, und enthält 2 Atome Kohlenstoff und 2 Atome Stickstoff.

Das Cyan wird auf nassem Wege von oxydirenden Flüssigkeiten zersetzt, z. B. schwefelsaures Manganoxyd wird zu Manganoxydulsalz reducirt, wobei das Gas in ein Gemenge von kohlensaurem Gas und Stickgas verwandelt wird. Auflösungen von Alkalien und alkalischen Erden zersetzen es ebenfalls, indem sie es aufnehmen, und bekommen davon eine braune Farbe.

Das Cyan gehört zu der Klasse von Körpern, welche wir Salzbilder nennen. Es verbindet sich zwar nicht unmit-

telbar mit den meisten Metallen, weil seine Affinitäten nur schwach sind, aber einmal mit ihnen vereinigt, ist die Verbindung ein Salz. Wird Kalium in Cyangas erhitzt, so entzündet es sich und brennt, und die Verbindung ist Cyankalium, gleichwie das Produkt der Verbrennung des Kaliums in Chlorgas Chlorkalium ist. Beide sind in Wasser lösliche Salze, und das Cyanquecksilber, welches zur Darstellung des Cyans angewandt wird, hat so viele Aehnlichkeit mit den Salzen, welche das Oxyd des Quecksilbers bildet, dass man es lange für ein solches hielt. Erhitzt man Platin, Gold oder Kupfer in Cyangas, so zeigen sie selbst in der Glühhitze keine Wirkung darauf; allein durch Austauschung können sie auf nassem Wege mit Cyan verbunden werden, wie ich später zeigen werde.

Das Cyan bildet 2 Säuren mit Sauerstoff und eine mit Wasserstoff; aber mit keinem von beiden kann es unmittelbar verbunden werden. Die Cyansäure kann selbst nicht für sich in Berührung mit Wasser bestehen; sie wird aber gebildet, wenn ein Cyanmetall, vorzüglich Cyankalium, mit Mangansuperoxyd vermengt und zum anfangenden Glühen erhitzt wird, wodurch cyansaures Kali entsteht. Wird Cyangas über glühendes kohlensaures Kali geleitet, so wird dieses in ein Gemenge von Cyankalium und cyansaurem Kali verwandelt. Wenn Cyangas von einer Auflösung von kaustischem Kali absorbirt wird, so geht zwar dasselbe vor sich, aber die Gegenwart des Wassers veranlasst zugleich noch eine andere Einwirkung auf das Cyan, welches theilweise zersetzt wird, indem sich die Flüssigkeit braun, und zuletzt schwarz färbt und eine schwarzbraune Materie absetzt. Die Cyansäure kann isolirt dargestellt werden. Ihre nähere Beschreibung folgt unter den Sauerstoffsäuren.

Mit Wasserstoffgas verbindet sich Cyan weder durch Druck, noch durch den elektrischen Funken; werden aber Cyanmetalle mit einer Säure behandelt, so oxydirt sich das Metall auf Kosten des Wassers, und das Cyan verbindet sich mit dem Wasserstoff. Die Verbindung wird Blausäure, Cyanwasserstoffsäure genannt, und ist ein sehr flüchtiges Liquidum, dessen nähere Beschreibung unter den Wasserstoffsäuren folgt.

Cyan verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit

Schwefel, und alle diese Verbindungen sind Salzbilder; sie können aber nicht durch Erhitzung des Schwefels mit Cyangas gebildet werden. Man bekommt sie aber in Verbindung mit Kalium, wenn Schwefelkalium auf Cyangas einwirkt, oder Cyankalium mit Schwefel geschmolzen wird. Bei den Wasserstoffsäuren folgt darüber das Nähere.

Gleich wie sich die einfachen Salzbilder unter einander vereinigen, verbindet sich auch das Cyan mit ihnen. Die daraus entspringenden Körper sind alle mehr oder weniger giftig, und bei ihrer Darstellung hat man daher mit Vorsicht zu verfahren.

Chlorcyan. Das Chlor verbindet sich mit dem Cyan. Auf verschiedenen Wegen kann man zwei verschiedene Verbindungen erhalten, von denen die eine bei mittlerer Lufttemperatur ein leicht coërcibles Gas, die andere dagegen ein fester Körper ist. Die letztere ist von Serullas entdeckt worden, dem man auch die bestimmtere Kenntniss der ersteren zu danken hat. Er nahm anfangs in der festen Verbindung einen doppelt so grossen Chlorgehalt an, als in der gasförmigen, allein später fand er, dass der Chlorgehalt in beiden gleich ist, dass sie also isomerische Modificationen einer uud derselben Zusammensetzungsart sind.

Das flüchtige Chlorcyan hatte schon Berthollet beobachtet, welcher dasselbe oxydirte Blausäure nannte. Gay-Lussac zeigte später, dass es aus gleichen Volumen Chlor und Cyan bestehe, und seine Darstellungsweise, so wie mehrere seiner Eigenschaften sind neuerlich von Serullas beschrieben worden. Um es darzustellen, verfährt man folgendermaassen: Man füllt eine grosse Glasflasche mit Chlorgas und schüttet alsdann gepulvertes und feuchtes Cyanquecksilber hinein, und zwar $1\frac{1}{2}$ Gramm auf jede 10 Cubikzoll Gas. Nachdem man die Flasche verschlossen hat, lässt man sie 10 bis 12 Stunden lang an einem dunklen Orte stehen. Nach Verlauf dieser Zeit hat sich das Chlor mit dem Quecksilber und mit dem Cyan verbunden, und das entstandene gasförmige Chlorcyan nimmt nun die Stelle des Chlorgases ein. Alsdann kühlt man die Flasche künstlich bis unter — 18° ab, bei welcher Temperatur das Chlorcyan sich verdichtet und feste Gestalt annimmt. Nun füllt man die Flasche mit Quecksilber an, welches ebenfalls bis unter — 18° abgekühlt sein muss,

versieht sie mittelst eines durchbohrten Korkes mit einer Gasleitungsröhre und verbindet diese, wie Fig. 13. Taf. II., mit einem mit Chlorcalciumstücken gefüllten Rohr, durch welches das aus der Flasche sich entwickelnde Gas hindurchstreichen muss. Nachdem der Apparat so vorgerichtet ist, lässt man das Quecksilber sich allmählig erwärmen, wobei das Chlorcyan wieder gasförmig wird und in der Quecksilberwanne aufgefangen werden kann. Indem es durch das Chlorcalcium geht, wird es vom Wasser befreit. Das Füllen der Flasche mit kaltem Quecksilber hat zum Zweck, sowohl die atmosphärische Luft als das überschüssige Chlorgas auszutreiben.

Serullas hat späterhin diese Darstellungs-Methode in der Art vereinfacht, dass er, nachdem das Chlorcyangas bis zur Krystallisation abgekühlt worden ist, etwas Wasser hinzugiesst, so dass es ungefähr $\frac{1}{25}$ oder etwas mehr vom ursprünglichen Volumen des Chlorcyangases beträgt. Dadurch schmelzen die Krystalle und lösen sich auf. Diese Flüssigkeit wird nun aus einer kleinen Retorte destillirt und die Gase durch eine mit Chlorcalcium gefüllte Röhre, welche zur Aufnahme des Wassers eine kleine Erweiterung hat, in eine künstlich abgekühlte Flasche geleitet. Bei gelindem Erwärmen der Retorte entweicht das Gas mit Aufbrausen, wird durch das Chlorcalcium vom Wasser befreit, und verdichtet sich in der abgekühlten Flasche zu einer Flüssigkeit, die bald erstarrt. Wird die Flasche gut verschlossen und der Pfropf festgebunden, so lässt sich auf diese Weise das Chlorcyan aufbewahren; man kann sie aber nicht öffnen, ohne dass der ganze Inhalt mit Explosion entweicht, wenn man sie nicht zuvor unter — 12° abgekühlt hat. Giesst man vor dem Verschliessen ganz wenig Wasser hinein, so wird die Masse weniger flüchtig und scheidet sich in zwei Lagen, von denen die eine ein mit Chlorcyan gesättigtes Wasser ist, und die andere, schwerere, eine chemische Verbindung von Wasser mit Chlorcyan zu sein scheint. Die Flasche kann nun bei gewöhnlicher Lufttemperatur ohne grossen Verlust geöffnet werden.

Das Chlorcyan ist ein sehr coërcibles Gas. Es ist farblos, besitzt einen unerträglich heftigen Geruch, reizt die Augen zum Thränen und verursacht auf, von Epidermis entblössten Stellen der Haut Schmerzen. Bei — 18° condensirt es sich

und krystallisirt in langen prismatischen Nadeln, die bei dieser Temperatur so gut wie geruchlos sind. Bei — 15° schmilzt es und wird liquid; bei — 12° siedet es; bei + 20° braucht es einen Druck von vier Atmosphären, um sich zu condensiren, und bildet dann ein farbloses, klares Liquidum. Lässt man Chlorcyangas in eine, an dem einen Ende zugeschmolzene, und an dem offnen Ende etwas ausgezogene Glasröhre treten, indem man das offne Ende in ein mit diesem Gase angefülltes Gefäss taucht und dabei die Röhre selbst bis unter — 20° abkühlt, so verdichtet sich das Gas darin und man kann sie nun zuschmelzen. Wenn man sie alsdann erwärmt, erhält man das Chlorcyan, zufolge des von ihm selbst ausgeübten Drucks, in liquider Gestalt. — Wasser absorbirt sein 25faches Volumen von diesem Gas; beim Kochen entweicht es wieder daraus, ohne eine Veränderung erlitten zu haben. Die Auflösung röthet nicht Lackmus und fällt nicht die Silbersalze; sie lässt sich ohne Zersetzung lange aufbewahren. Alkohol absorbirt sein 100-, und Aether sein 50faches Volumen Chlorcyangas. Von den Salzbasen wird es zersetzt, unter Zerstörung des Cyans. Das Chlorcyangas hat die Eigenschaft, die Eisenoxydulsalze grün zu färben. Zur Hervorbringung dieser Reaction bringt man Chlorcyan in eine Eisenoxydul-Auflösung, und fügt alsdann etwas Alkali hinzu. Letzteres darf man nicht vorher zusetzen, weil sonst das Chlorcyan zersetzt wird. Dasselbe besteht in 100 Theilen aus 57,29 Chlor und 42,71 Cyan, nämlich aus gleichen Volumen seiner Bestandtheile.

Setzt man bei der Bereitung des Chlorcyans die Flasche dem Sonnenlichte aus, so bildet sich eine, von der eben beschriebenen verschiedene Verbindung. Diese ist nicht gasförmig, sondern ein ölartiges, gelbes, schweres Liquidum. Am besten erhält man es, wenn man, unter gleichzeitigem Einfluss eines starken Sonnenlichts, eine concentrirte Auflösung von Cyanquecksilber der Einwirkung von Chlorgas aussetzt, wobei es sich unter der Flüssigkeit ansammelt. Dieser gelbe, ölartige Körper besitzt den Geruch des Chlorcyans; in Wasser ist er unlöslich, aber löslich in Alkohol. Giesst man in die letztere Auflösung Wasser, so schlägt sich ein krystallinischer, campherartiger Körper nieder, indem der ölartige Körper zersetzt wird, und es entwickelt sich ein

Gasgemenge, welches aus $\frac{3}{4}$ Stickgas und $\frac{1}{4}$ Kohlensäuregas besteht. Auch Wasser allein, ohne Alkohol, bewirkt dieselbe Veränderung, jedoch viel langsamer. Die Natur dieses öl-artigen Körpers ist noch wenig ausgemittelt. Er entsteht auch, wenn man ein Gemenge von feuchtem Chlorgas mit feuchtem Chlorcyangas dem Sonnenlicht aussetzt; allein alsdann bildet sich noch ein anderer fester und harter Körper, der einen aromatischen Geruch besitzt, in Wasser unlöslich, aber löslich in Alkohol ist, und dessen Zusammensetzung man nicht kennt. Setzt man ein feuchtes Gemenge von Cyan-wasserstoffgas und überschüssigem Chlorgas dem Sonnenlicht aus, so bildet sich ebenfalls ein anderer fester, in Wasser unlöslicher Körper, der unangenehm riecht, an der Luft Chlorwasserstoffsäure ausdunstet, und dessen Zusammensetzung eben so wenig bekannt ist.

Das feste Chlorcyan ist von Serullas entdeckt worden, der es Cyanchlorid nannte. Um es darzustellen, leitet man in eine Flasche von etwas mehr als 1 Litre Inhalt wohl getrocknetes Chlorgas, bis alle atm. Luft ausgetrieben ist, und schüttet dann einen Gramm wasserfreie Cyanwasserstoff-säure hinein. Nachdem man die Flasche verschlossen hat, setzt man sie einige Tage lang dem Sonnenlicht aus. Das Chlor verwandelt sich unterdessen in Chlorwasserstoffsäure-gas und auf der inneren Fläche des Gefässes setzt sich das Chlorcyan in Krystallen an. Eine zu grosse Menge Cyanwas-serstoffsäure veranlasst die Entstehung einer dunkelrothen, talgartigen Masse, welche von einer grösseren Menge Chlor in Chlorcyan verwandelt wird. Durch Einblasen von trockner Luft treibt man aus der Flasche das Chlorwasserstoff-säuregas aus; alsdann bringt man ein wenig Wasser und kleine Glasstückchen hinein und reibt damit durch Schütteln das Chlorcyan von den Wänden ab. Man nimmt es heraus, trocknet es und destillirt es. Es stellt einen weissen, in Nadeln krystallisirten Körper dar. Es besitzt einen scharfen mäuseartigen Geruch und einen schwachen Geschmack. Sein spec. Gewicht ist 1,32. Bei + 140° schmilzt es zu einem klaren Liquidum und bei + 190° sublimirt es. In kaltem Wasser ist es wenig löslich; von kochendem wird es zersetzt. Aether und Alkohol lösen dasselbe auf; von Wasser wird es aus diesen Auflösungen niedergeschlagen. Es ist

Digitized by Google

sehr giftig. Es besteht, wie das flüchtige, aus einem Atom Cyan und einem Atom Chlor = CyCl.

Bromcyan. Man erhält es, nach Serullas, wenn man in einer kleinen tubulirten Retorte auf 2 Theile Cyanquecksilber 1 Th. Brom giesst. Die Einwirkung ist mit so grosser Wärme-Entwickelung verbunden, dass man, um nicht zu viel Brom zu verlieren, die Retorte in einem Gemenge von Eis und Salz abgekühlt erhalten muss. Sobald man keine rothen Dämpfe mehr sieht, fügt man an die Retorte eine trockne Flasche, legt diese in eine Kälte-Mischung, und erwärmt den Inhalt der Retorte. Das Bromcyan geht alsdann über und setzt sich in der Flasche in Gestalt farbloser, würfelförmiger Krystalle ab. Es besitzt einen sehr heftigen Geruch, wird bei + 15° gasförmig, und ist sowohl in Wasser als Alkohol leicht löslich. Von den Salzbasen wird es, gleich dem Chlorcyan, zersetzt. Wie dieses besteht es aus gleichen Volumen Cyan und Brom = CyBr.

Jodcyan. Man erhält es, nach Wöhler, wenn man ein Gemenge von Jod mit Cyanquecksilber, oder besser Cyansilber, gelinde erwärmt. Das Jodcyan sublimirt sich in Gestalt einer zarten, aus feinen, weissen Nadeln bestehenden Wolle. Es hat einen eignen, die Augen zum Thränen reizenden Geruch und einen eignen beissenden Geschmack. In Wasser ist es leicht löslich; die Auflösung reagirt nicht auf Stärke. Auch wird es von Aether, Alkohol und flüchtigen Oelen gelöst. Mit Kali giebt es Cyankalium und jodsaures Kali. Mit Quecksilber bildet seine Auflösung Jodquecksilber, unter Entwickelung von Cyangas. Mit Schwefelwasserstoffgas giebt sie Jodwasserstoffsäure, Cyanwasserstoffsäure und sich abscheidenden Schwefel. Nach Serullas besteht das Jodcyan aus 82,8 Jod und 17,2 Cyan, oder aus gleichen Volumen Jod und Cyan = CyI.

Stickstoff-Kohle. Bei der Verkohlung von getrocknetem Blut, Fleisch, Eiweiss, überhaupt von thierischen Substanzen in Destillationsgefässen, entsteht eine Kohle, welche eine gewisse Menge Stickstoff gebunden enthält, und welche vielleicht als ein, bis jetzt noch nicht trennbares Gemenge von einem Stickstoff-Kohlenstoff mit Kohle zu betrachten ist. Solche stickstoffhaltige Kohle liefert beim Glühen mit kohlensaurem Kali durch Wasser ausziehbares Cyankalium. Sie ist nur schwierig

schwierig zu verbrennen, und bildet dabei auf Kosten der Luft-Feuchtigkeit, kohlensaures Ammoniak, erkennbar an seinem Geruch. Giesst man Wasser auf solche Kohle, so lange sie noch heiss und fast glühend ist, so bildet sich das Ammoniak in grosser Menge.

Ich führte an, dass man bei der Darstellung des Cyangases in dem Destillationsgefässe eine schwarze, kohleartige Substanz als Rückstand erhalte. Sie ist ebenfalls eine stickstoffhaltige Kohle, und soll, nach Versuchen von Johnston, beim Verbrennen 2 Volumen Kohlensäuregas und 1 Vol. Stickgas liefern, also ganz dieselbe Zusammensetzung wie das gasförmige Cyan haben, von welchem sie demnach eine isomerische Modification wäre; — eine Angabe, deren Richtigkeit jedoch noch weiterer Bestätigung bedarf. Diese stickstoffhaltige Kohle ist in Wasser, Alkohol, Salpetersäure und Ammoniak unlöslich. Von kaustischem Kali wird sie aufgelöst, jedoch nicht vollständig.

Es giebt noch eine andere stickstoffhaltige kohleartige Substanz, deren Natur ebenfalls noch nicht hinreichend ausgemittelt ist. Sie bildet sich häufig bei Zersetzung von Cyanverbindungen auf nassem Wege, namentlich bei der nach kurzer Zeit eintretenden, freiwilligen Zersetzung der Auflösung des Cyangases in Wasser oder Alkohol, bei der freiwilligen Zersetzung der Cyanwasserstoffsäure, ferner wenn Cyangas von den Auflösungen der kaustischen Alkalien aufgenommen wird, oder wenn man Cyangas mit feuchtem Ammoniakgas zusammentreten lässt. In der grössten Menge kann man sich dieselbe verschaffen, wenn man Cyangas bis zur Sättigung in kaustisches Ammoniak leitet. Nachdem sich dieses anfänglich gelb und braun gefärbt hat, fängt es bald an, die braunschwarze Materie in grosser Menge abzusetzen. Durch Erhitzen, oder auch völliges Abdampfen der Flüssigkeit und Wiederauflösen der Masse, zur Abscheidung anderer auflöslicher, zugleich gebildeter Verbindungen, erhält man noch denjenigen Antheil von der schwarzbraunen Materie, der sich nicht von selbst absetzte und im Ammoniak aufgelöst geblieben war. Nach Johnston erhält man sie auch in bedeutender Menge, wenn man Alkohol mit Cyangas sättigt, und die Auflösung in einer verschlossenen Flasche stehen lässt.

Diese schwarzbraune Substanz ist in kaustischen Alkalien leicht löslich; durch Säuren wird sie daraus, wie es scheint, wieder unverändert, abgeschieden. Bei der trocknen Destillation giebt sie viel Cyanammonium, und hinterlässt eine stickstoffhaltige Kohle. Aus der Art ihrer Entstehung lässt sich für ihre eigentliche Zusammensetzung kein Schluss ziehen, da mit ihr zugleich noch viele andere Verbindungen gebildet werden. So bildet sich, nach Wöhler's Versuchen, bei der Zersetzung des Cyans mit Wasser ausserdem noch cyansaures Ammoniak, und noch zwei farblose, krystallinische, bis jetzt nicht näher untersuchte Körper; und bei der Zersetzung des Cyans mit liquidem Ammoniak entsteht, nach demselben, ausser der schwarzbraunen Substanz, noch Cyanammonium und oxalsaures Ammoniak.

Schwefelkohlenstoff. Bei höherer Temperatur können sich Schwefel und Kohlenstoff in zwei Verhältnissen mit einander verbinden, zu einem tropfbarflüssigen und einem festen Schwefelkohlenstoff.

a) **Liquider Schwefelkohlenstoff.** Durch Erhitzen eines Gemenges von Schwefel und Kohle kann diese Verbindung nicht erhalten werden, weil sich der Schwefel schon bei einer niedrigeren Temperatur verflüchtigt, als die ist, bei welcher die Vereinigung statt findet. Um diese zu bewirken, muss man daher den Schwefel in Gasgestalt über glühende Kohlen leiten. In dieser Absicht füllt man ein Rohr von Porzellan mit kleinen Stücken frisch und wohl ausgeglühter Kohle, und legt dasselbe, wie Fig. 16. Taf. II. zeigt, etwas geneigt durch einen länglichen, mit einem Aufsatz versehenen Ofen, worin es bis zum starken Glühen erhitzt werden kann. Das obere Ende A des Rohrs wird mit einem Korkstöpsel verschlossen, und in das untere B ist ein durchbohrter Kork eingesetzt, in welchen eine weite gebogene Glasröhre C luftdicht eingepasst ist, deren anderer Schenkel durch einen Kork in die halb mit Wasser gefüllte Flasche D reicht. Die Röhre C dient zur Ableitung des sich nicht verdichtenden Gases, welches hauptsächlich aus Schwefelwasserstoffgas besteht.

Sobald die mit Kohlen gefüllte Porzellanröhre vollkommen glühend geworden ist, steckt man in das obere Ende A ein Stückchen Schwefel und verschliesst es darauf wieder

sogleich mit dem Kork. Der Schwefel schmilzt, verwandelt sich in Gas, muss als solches durch die glühende Kohle hindurchstreichen und verbindet sich nun mit derselben zu Schwefelkohlenstoff, welcher sich unter dem Wasser der Flasche D ansammelt. Das Einlegen von Schwefelstücken wiederholt man, so oft man keinen Schwefelkohlenstoff mehr übergehen sieht. Wiewohl man Sorge haben muss, dass stets Schwefel im Ueberschuss mit der Kohle in Berührung komme, so darf dieser doch auch nicht so gross sein, dass viel Schwefel ungebunden übergeht, weil sich dieser sonst in der Leitungsröhre verdichten und dieselbe verstopfen würde, ein Umstand, dessen Vermeidung überhaupt die grösste Schwierigkeit bei dieser Operation ausmacht. Da die theuren Porzellanröhren leicht dem Zerspringen ausgesetzt sind, besonders an der Stelle, wo man die Schwefelstücke einlegt, so hat L. Gmelin statt dessen die Anwendung von gusseisernen Röhren empfohlen, welche, wenn die Hitze nicht zu stark ist, die Operation sehr gut aushalten, ohne dass sich inwendig viel Schwefeleisen bildet, und die also viele Male dazu dienen können *).

Diese Operation kann man auch auf die Weise abändern, dass man den Schwefel in einer an die Röhre angefügten Retorte zum Kochen bringt und in Gasgestalt durch die glühenden Kohlen treibt, welches Verfahren den Vortheil hat, dass nicht so leicht Schwefel ungebunden übergeht und die Leitungsröhre verstopft.

Ein anderes Verfahren zur Bereitung des Schwefelkohlenstoffs ist von Brunner angegeben worden. Sein Apparat besteht aus zwei umgekehrt auf einander gesetzten und lutirten Graphittiegeln; durch ein Loch im Boden des oberen geht eine Porzellanröhre bis auf den Boden des unteren; ersterer hat ausserdem noch oben in der Seite eine Oeffnung, in welcher eine zweite und gekrümmte Röhre befestigt ist. Die so auf einander gesetzten Tiegel werden, mit Kohlenstücken

*) In Ermangelung eines länglichen Röhren-Ofens kann man sich dabei auch auf die Weise helfen, dass man das Rohr mit seinen beiden Enden auf zwei, auf die schmale Kante gestellte Mauersteine legt, die zur festeren Lage desselben nach seiner Rundung etwas ausgehauen sind. Den Zwischenraum zwischen beiden Steinen umstellt man mit anderen Steinen, und macht darin das Feuer an.

gefüllt, zum Glühen erhitzt, und während dessen durch die gerade Röhre Schwefelstücke eingebracht, die jedesmal nachher wieder verschlossen wird. Das durch die seitwärts eingesetzte Röhre abdestillirende Produkt wird in einer abgekühlten, mit einer Ableitungsröhre versehenen Vorlage aufgesammelt, und zwar nicht unter Wasser, um nicht durch den dadurch bewirkten Gegendruck das luftdichte Schliessen der lutirten Fugen zu erschweren.

Auch kann man Schwefelkohlenstoff erhalten, wenn man ein Gemenge von Schwefelantimon (*Antimonium crudum*) mit Kohle bei sehr starker Hitze in einer thönernen Retorte destillirt. Man erhält ihn aber so nur in geringer Menge, wiewohl frei von überschüssigem Schwefel. Auch erfordert diese Arbeit eine höhere Temperatur und eine längere Unterhaltung des Feuers.

Endlich kann man ihn auch bereiten, wenn man ein sehr fein gepulvertes und inniges Gemenge von 1 Th. Kohle und 4 Th. Schwefelkies (Schwefeleisen mit dem grössten Schwefelgehalt) bei starkem Feuer aus einer thönernen Retorte destillirt. Auch bei der Destillation eines Gemenges von Schwefel mit Wachs oder Zucker bildet sich, ausser Schwefelwasserstoffgas und anderen Produkten, eine bedeutende Menge Schwefelkohlenstoff, der aber durch brenzliches Oel sehr verunreinigt ist.

Der Schwefelkohlenstoff sammelt sich unter dem Wasser der zu seiner Aufnahme bestimmten Flasche als ein ölähnliches Liquidum an, wovon sich häufig eine gewisse Menge auf der Oberfläche des Wassers ausgebreitet erhält. Er ist in diesem Zustande gelb oder grünlichgelb, dickflüssig und trübe. Er enthält noch Schwefel aufgelöst, von welchem er durch Destillation bei ganz gelinder Wärme befreit werden muss. Alsdann ist er vollkommen farblos, wasserklar und höchst lichtbrechend. Ist er nach dem Destilliren noch etwas unklar, so rührt diess von einer geringen Menge Wassers her, welches sich nach einigen Tagen abscheidet. Er besitzt einen eigenthümlichen, dem Schwefelwasserstoff entfernt ähnlichen, widrigen Schwefelgeruch und einen scharfen, stinkenden, etwas aromatischen Geschmack. Sein spec. Gewicht ist 1,272, sein Lichtbrechungsvermögen 1,645. Er kocht schon bei + 46,6; das Verhältniss seiner Tension ist,

nach Marx, so, dass er bei + 10° eine Quecksilbersäule von 7,38 Pariser Zoll Höhe, bei + 15° eine von 8,9 Zoll, und bei + 20° eine von 10,78 Zoll Höhe trägt. Das spec. Gewicht seines Gases ist, nach Gay-Lussac, 2,645. Das relative Lichtbrechungsvermögen des Gases ist 5,179. Es ist nicht bekannt, dass er bei irgend einem Kältegrade zum Erstarren zu bringen wäre. Durch seine Verdunstung unter der Luftpumpe kann eine Kälte bis zu — 60° hervorgebracht werden, wobei der unverdunstete Theil noch flüssig bleibt.

Der Schwefelkohlenstoff ist höchst entzündlich, bedarf dazu kaum der Temperatur des kochenden Quecksilbers, und fängt, wenn man ihm einen brennenden Körper nähert, schon in ziemlicher Entfernung Feuer. Er brennt mit blauer Flamme, giebt dabei schwefligsaures Gas und Kohlensäure, und entwickelt beim Verbrennen eine sehr hohe Temperatur. Er löst sich nicht in Wasser auf, es nimmt aber den Geruch von ihm an, und enthält wahrscheinlich einen Theil verschlucktes Gas von diesem Körper, so wie es auch andere Gase aufnimmt. Vom Alkohol und Aether wird er in allen Verhältnissen aufgelöst. Er lässt sich leicht mit fetten und flüchtigen Oelen mengen und löst den Campher auf. Er wird von Luft und Wasser nicht zerlegt; wenn man ihn aber in einer verschlossenen Flasche mit ein wenig Wasser längere Zeit aufbewahrt, so dass er von Luft und Wasser zugleich berührt wird, so wird er gelb, und das Wasser enthält Schwefelsäure, die Luft aber Kohlensäuregas.

Bei der gewöhnlichen Lufttemperatur wirkt er nicht auf die Metalle; wenn er in Dampfgestalt mit glühenden Metallen in Berührung kommt, so verwandeln sich diese in Schwefelmetalle, und die Kohle schlägt sich auf den letzteren nieder. — Kalium, in Dämpfen von Schwefelkohlenstoff erhitzt, entzündet sich, verdichtet, unter Erscheinung von Feuer, den Schwefel, und bildet Schwefelkalium, mit Kohle gemengt. Leitet man Dämpfe von Schwefelkohlenstoff durch glühende Metalloxyde, so entsteht Kohlensäuregas, schwefligsaures Gas, und die reducirten Metalle werden mit Schwefel verbunden.

Der Schwefelkohlenstoff löst den Schwefel auf; die Auflösung ist dunkelgelb und setzt beim Verdunsten den Schwefel in Krystallen ab. Sie wird von Alkohol und Aether ge-

fällt, wobei sich der Schwefel in nadelförmigen Krystallen absetzt. Schüttelt man die Auflösung des Schwefels im Schwefelkohlenstoff mit einem Blei- oder Silber-Amalgam, so nimmt das Metall den Schwefel auf. Der Schwefelkohlenstoff löst auch den Phosphor, und zwar in grosser Menge, nämlich bis zum 8fachen seines Gewichts auf. Man hat angegeben, dass diese Auflösung sich an der Luft von selbst entzünde; ich habe diess aber nicht gefunden. Sie wird von Alkohol gefällt, welcher den Phosphor ausscheidet.

Der Schwefelkohlenstoff verbindet sich mit Chlor, welches davon aufgenommen wird und seinen Geruch annimmt, ohne im Uebrigen davon verändert zu werden. Kommen aber beide mit einander in Berührung mit Wasser, so zersetzen sie sich, und es bildet sich ein eigner, krystallinischer Körper, der aus Kohlenoxyd, unterschwefliger Säure und Chlor besteht, und welchen ich beim Kohlenoxyd beschreiben werde. Mit Jod verbindet sich der Schwefelkohlenstoff ebenfalls sehr leicht; das Jod löst sich darin auf und bildet eine schöne rothe Flüssigkeit. Wasser bringt darin keine, der eben angeführten analoge Veränderung hervor; es löst nur einen Theil der Verbindung mit sehr dunkelbrauner Farbe auf, wobei ohne Zweifel Wasser zersetzt wird. Um die Mündung einer Flasche herum, in welcher Jod, in Schwefelkohlenstoff aufgelöst, aufbewahrt wurde, habe ich rothe, luftbeständige Krystalle sich bilden gesehen, deren Zusammensetzung nicht untersucht ist.

Der Schwefelkohlenstoff ist ein Sulfid (Kohlensulfid), denn er verbindet sich mit den Schwefelbasen und bildet damit Salze, welche wir Schwefelkohlensalze (*Sulfocarbonate*) nennen. Von den Sauerstoffbasen wird er langsam aufgelöst; ein Theil des Sulfids wird zersetzt, dadurch, dass sich die Schwefelbasis bildet, welche sich mit dem anderen Theil verbindet; auf Kosten des Sauerstoffs der Sauerstoffbasis verwandelt sich nämlich der Kohlenstoff in Kohlensäure, während das Radical der ersteren mit Schwefel in Verbindung tritt. Es entsteht also durch die gegenseitige Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf eine Sauerstoffbasis ein Gemenge von kohlensaurem Salz und Schwefelkohlensalz (von Oxycarbonat und Sulfocarbonat).

Der Schwefelkohlenstoff besteht aus 84,23 Th. Schwefel

und 15,77 Th. Kohlenstoff, oder aus 100 Th. Schwefel und 18,72 Th. Kohlenstoff. Dieses Verhältniss ist so beschaffen, dass, wenn der Kohlenstoff sich auf Kosten des Wassers zu Kohlensäure oxydirt, dabei gerade so viel Wasserstoff frei wird, als zur Verwandlung des Schwefels in Schwefelwasserstoff erforderlich ist. Es entspricht 2 Atomen Schwefel und 1 Atom Kohlenstoff. Das Atom des Schwefelkohlenstoffs wiegt 478,768. Es wird mit CS^2 bezeichnet; in Verbindungen mit $\ddot{C}$.

Der Schwefelkohlenstoff wurde von Lampadius entdeckt, welcher denselben zufällig bei Destillation eines Schwefelkieses mit Kohle erhielt, ihn nachher aber nicht von Neuem wieder hervorbringen konnte. Er nannte ihn Schwefel-Alkohol. Einige Zeit nachher entdeckten ihn Clement und Desormes von Neuem, und zugleich die Methode seiner Bereitung; sie fanden, dass er aus Schwefel und Kohle zusammengesetzt sei. Berthollet d. J. suchte zu beweisen, dass er keine Kohle, sondern Schwefel und Wasserstoff enthalte, und mehrere Chemiker nahmen an, er sei ein im Maximum geschwefelter Wasserstoff. Cluzel suchte darzuthun, dass er Wasserstoff, Kohle, Stickstoff und Schwefel enthalte, den letztern aber in einem solchen Zustande, dass er mehr Schwefelsäure als der gewöhnliche Schwefel gebe, und dass dieser Schwefel ein Oxyd des Schwefelradicals sei, welches im Schwefelkohlenstoff enthalten sein sollte. Endlich bewiesen Berthollet d. Æ., Vauquelin und Thénard, dass er aus Schwefel und Kohle ohne Wasserstoff bestehe, welches auch durch einige Versuche bestätiget wurde, die ich in Gesellschaft mit Marcet in London anstellte.

b) Fester Schwefelkohlenstoff. Die bei der Bereitung des Schwefelkohlenstoffs übrigbleibende Kohle ist sehr zerfressen und nicht mehr reine Kohle, sondern enthält vielen Schwefel. Der Schwefel hat nämlich den Wasserstoff daraus verjagt, wie auch die starke Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas bei der Bereitung ausweist, dabei die Stelle des Wasserstoffs eingenommen und ein Supercarburetum des Schwefels gebildet, aus welchem der letztere durch Hitze nicht ausgetrieben werden kann. Verbrennt man es in einem Tiegel mit Salpeter, so erhält man unter den Produkten auch schwefelsaures Kali.

Digitized by Google

Phosphorkohlenstoff. Bei der Darstellung des Phosphors verbindet sich ein Theil der zur Zerlegung der Phosphorsäure angewendeten Kohle mit Phosphor. Diese Verbindung schmilzt nicht wie der Phosphor, und wird erhalten, wenn man den in die Vorlage übergegangenen Phosphor in kochend heissem Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder presst, wo der kohlehaltige Phosphor zurückbleibt. Er enthält noch ein wenig überschüssigen Phosphor, der durch Destillation bei gelinder Wärme ausgeschieden werden kann. Die in der Retorte zurückgebliebene Masse ist die vollkommen gesättigte Verbindung der Kohle mit Phosphor. Er hat eine dunkel pomeranzengelbe Farbe, leuchtet nicht im Finstern, und verändert sich in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht. In verschlossenen Gefässen wird er bei der Glühhitze zerlegt, indem der Phosphor überdestillirt, die Kohle aber zurückbleibt. Der kohlehaltige Phosphor entzündet sich in der Luft bei höherer Temperatur, verbrennt, und lässt eine mit Phosphorsäure umgebene Kohle zurück *).

Chlorkohlenstoff. Kohle verbindet sich mit Chlor nicht durch unmittelbare Berührung. Bringt man eine erhitzte, aber nicht glühende Kohle in Chlorgas, das über Wasser aufgesammelt und also feucht ist, so entzündet sie sich, und es wird Kohlensäure und Chlorwasserstoffsäuregas gebildet. Man erklärte diese Erscheinung lange Zeit so, dass das Chlor von der Kohle zu Salzsäure reducirt werde, während die Kohle auf Kosten seines überschüssigen Sauerstoffs zu Kohlensäure verbrenne; aber Humphry Davy zeigte, dass in diesem Falle Wasser gegenwärtig sein müsse, und dass sich dessen Wasserstoff mit Chlor und dessen Sauerstoff mit Kohlenstoff verbindet. In wasserfreiem Chlorgase wird eine wohl ausgeglühte Kohle bei keiner Temperatur verändert. Davy

*) Nach Grotthuss soll man durch Kochen von Phosphor mit einer Auflösung von Kali in Alkohol ein eigenthümliches Phosphor-Kohlenwasserstoffgas erhalten, welches bei seiner Verbrennung Wasser, Kohlensäure und Phosphorsäure bilde. Dieses Gas möchte indessen wohl eben so wenig ein eigenthümliches sein, wie das Pag. 216 in der Note erwähnte, bei der Darstellung des Phosphors entstehende, kohle- und phosphorhaltige Gas. Wahrscheinlich ist es nur ein Gemenge von Wasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas und Alkoholdampf.

liess den 2000paarigen elektrischen Trogapparat der Royal Institution in London sich durch zwei Kohlenspitzen entladen, welche in trocknem Chlorgase in Berührung mit einander gesetzt waren, und wodurch die Kohle der intensivsten Hitze, die hervorgebracht werden kann, ausgesetzt wurde, ohne dass weder die Kohle, noch das Gas eine Veränderung dadurch erlitten. Es ging hieraus hervor, dass Chlor keinen lose gebundenen Sauerstoff enthalten konnte, und dieser Versuch wurde seitdem als Grundbeweis für die Einfachheit des Chlors angenommen. Er liess indess die Einwendung zu, dass, obgleich in dem Chlor Sauerstoff nicht so lose gebunden vorhanden sein könne, wie man vermuthete, es dessen ungeachtet möglich wäre, dass derselbe darin enthalten sei, dass er aber die Salzsäure nicht eher verlasse, als bis diese von einem Körper aufgenommen würde, dessen Oxyd sich mit der Salzsäure verbinden könne, was mit Chlor nicht der Fall zu sein schien. Aber dieser Einwurf ist seitdem von Faraday vernichtet worden, welcher nicht weniger als 3 Verbindungen zwischen Chlor und Kohlenstoff entdeckt hat, in welchen sich 1 Volumen des letzteren mit 1, 2 und 3 Volumen Chlor verbinden.

Chlorkohlenstoff mit dem grössten Chlorgehalt. Dieser Körper entsteht durch Einwirkung von Chlorgas auf die, unter dem Namen Chloräther bekannte Verbindung von Chlor mit Kohlenwasserstoff (S. pag. 292). Man bereitet diese ätherartige Flüssigkeit, indem man ölbildendes Gas und Chlorgas, jedes sogleich von seinem Entwickelungsgefässe aus, zusammen in eine geräumige Glasflasche leitet, worin sie sich unter Erwärmung zu dem Liquidum verdichten. Wenn sich eine genügende Menge angesammelt hat, nimmt man den Apparat, woraus sich das ölbildende Gas entwickelt, weg, und fährt noch mit der Entwickelung des Chlorgases fort, bis sich die Flasche, worin sich der Chloräther befindet, ganz mit Chlorgas angefüllt hat und kein ölbildendes Gas mehr enthält. Alsdann verschliesst man dieselbe und stellt sie bei klarem Himmel in den Sonnenschein. Man sieht nun die Farbe des Chlorgases allmählig verschwinden, weil es sich nach und nach gänzlich in Chlorwasserstoffsäure verwandelt. Zugleich bemerkt man, dass sich der Chloräther in eine feste, farblose, krystallinische Substanz verwandelt,

welche Chlorkohlenstoff ist. Diese Umwandlung geht aber nur langsam vor sich und erfordert eine grosse Menge Chlorgas. So oft sich dasselbe in Chlorwasserstoffsäuregas verwandelt hat, muss man die Flasche von Neuem damit anfüllen, nachdem man ersteres durch Hinzugiessen von ein wenig Wasser jedesmal hat verschlucken lassen. Man kann auch so verfahren, dass man durch den Chloräther einen beständigen, langsamen Strom von Chlorgas leitet und dabei den ganzen Apparat im Sonnenschein stehen hat. Die chemische Wirkung des directen Sonnenlichts kann übrigens durch Wärme ersetzt werden; denn nach Liebig erhält man den Chlorkohlenstoff eben so leicht, wenn man, ohne Hülfe von Sonnenlicht, durch siedenden Chloräther so lange Chlorgas hindurchleitet, als sich noch Chlorwasserstoffsäuregas entwickelt. Nach dem Erkalten, und noch mehr durch künstliche Abkühlung, setzt sich der Chlorkohlenstoff in Krystallen ab. Da der Chloräther aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor besteht, so beruht seine Umwandlung in Chlorkohlenstoff darauf, dass durch das damit in Berührung gebrachte Chlorgas der Wasserstoff als Chlorwasserstoffsäure weggenommen wird und der Kohlenstoff, mit Chlor verbunden, zurückbleibt.

Der so erhaltene Chlorkohlenstoff wird, zur Entfernung von anhängender Säure, zuerst mit ein wenig Wasser abgespült, dann in Alkohol aufgelöst, und diese Auflösung in Wasser getropft, welches etwas Kali aufgelöst enthält. Er wird dadurch aus der Flüssigkeit niedergeschlagen; man süsst ihn mit Wasser aus, presst ihn stark zwischen Löschpapier und trocknet ihn.

Dieser Körper ist farblos, fast ohne Geschmack, hat aber einen aromatischen, campherartigen Geruch. Er ist leicht zerreiblich; sein spec. Gewicht ist beinahe zweimal so gross wie das des Wassers. Bei + 160° schmilzt er und kocht bei + 180°. Die Dämpfe verdichten sich zu durchsichtigen Krystallen, deren Grundform ein Octaëder ist. Im flüssigen Zustande ist er durchsichtig und farblos. Er ist schwer zu verbrennen; in der Glühhitze aber dem Sauerstoffgase ausgesetzt, brennt er mit Lebhaftigkeit und verwandelt sich in Kohlensäuregas und in Chlorgas. In der Flamme einer Weingeistlampe brennt er fort unter Verbreitung von Däm-

pfen von Chlorwasserstoffsäure, verlöscht aber, wenn er aus der Flamme genommen wird. Er löst sich weder in kaltem noch warmen Wasser auf, ist aber im Alkohol und noch leichter im Aether auflöslich. Diese Auflösungen werden nicht von salpetersaurem Silberoxyd getrübt. In fetten und flüchtigen Oelen ist er ebenfalls auflöslich. In Dampfgestalt mit Wasserstoffgas vermischt, lässt er sich durch den elektrischen Funken nicht entzünden. Wird aber das Gemenge durch eine glühende Röhre getrieben, so erhält man Chlorwasserstoffsäure und in der Röhre setzt sich Kohle ab. Werden Dämpfe von diesem Körper über glühende Metalle geleitet, so zersetzt er sich, und man erhält ein Chlormetall und Kohle. Werden sie über glühende Metalloxyde geleitet, so erhält man Chlormetalle, Kohlensäuregas und reducirtes Metall. Von den wasserfreien alkalischen Erden (die Talkerde ausgenommen) werden die Dämpfe unter Feuererscheinung verschluckt, die Masse wird schwarz, und man erhält ein Gemenge von Chlormetall und kohlensaurer Erde mit Kohle. Bei keinem von diesen Versuchen wird Wasser oder Chlorwasserstoffsäure erzeugt. Die Zusammensetzung dieses Körpers hat Faraday folgendermaassen ausgemittelt. Ein Volumen ölbildendes Gas condensirt 5 Volumen Chlorgas und giebt 4 Volumen Chlorwasserstoffsäure. Diese enthalten aber nur 2 Volumen Chlor (weil die Chlorwasserstoffsäure zur Hälfte aus Chlor und zur Hälfte aus Wasserstoff besteht). Es sind daher 3 Volumen Chlor mit dem Kohlenstoffe des ölbildenden Gases in Verbindung getreten. Wir haben zuvor gesehen, dass dieses Gas ein mit dem seinigen gleiches Volumen Kohlenstoff enthält. Dem Gewichte nach ist dieser Chlorkohlenstoff in 100 Theilen aus 10,18 Kohlenstoff und 89,82 Chlor zusammengesetzt. Er besteht also aus 1 Atom Kohlenstoff und 3 At. Chlor. Sein Atom wiegt 710,45, und wird mit CCl^3 bezeichnet.

Mittlerer Chlorkohlenstoff. Lässt man die eben beschriebene Verbindung in Dampfgestalt durch eine glühende Porzellanröhre, welche mit kleinen Stücken von Porzellan angefüllt ist, in eine erkaltete Vorlage streichen, so zersetzt sie sich, es wird Chlorgas entbunden, und in der Vorlage sammelt sich eine ätherartige Flüssigkeit. Diese ist durch etwas Chlor gelblich gefärbt und zugleich mit einem unzer-

setzten Antheile der vorigen Verbindung verunreinigt. Von diesen muss sie durch wiederholte Destillationen befreit werden. Im reinen Zustande ist sie farblos und wasserhell. Ihr eigenth. Gewicht ist 1,5526. Sie bricht das Licht ungefähr wie geschmolzener Campher, ist ein Nichtleiter der Elektricität, und lässt sich in trocknem Sauerstoffgase nicht entzünden, wenn die Temperatur nicht sehr erhöht ist. In der Weingeistflamme brennt sie mit einer leuchtenden, gelblichen Flamme, giebt vielen Rauch und Dämpfe von Chlorwasserstoffsäure. Bei — 18° erhält sie sich noch flüssig. Unter Wasser erhitzt, nimmt sie zwischen + 71° und 77° Dampfgestalt an, und behält diesen Zustand, bis die Temperatur erniedrigt wird. Im Wasser ist sie unauflöslich, löst sich aber im Alkohol, Aether, in fetten und flüchtigen Oelen auf. Sie absorbirt das Chlor, verbindet sich aber nicht eher chemisch damit, als bis sie dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, wobei sie dann in die vorhergehende, krystallinische Verbindung übergeht. Es ist eine sehr merkwürdige Thatsache, dass hier Wärme und Licht entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen, indem die Wärme die Trennung, und das Licht die Wiedervereinigung begünstigt. Nach Faraday's Untersuchung besteht diese Verbindung aus 1 Volumen Kohlenstoff und 2 Volumen Chlor, oder in 100 Theilen aus 14,5 Kohlenstoff und 85,5 Chlor. Ihr Atom wiegt 519,092 und wird mit CCl^2 bezeichnet. Zu den Metallen, dem Wasserstoff und zu den Salzbasen verhält sie sich wie die vorhergehende.

Chlorkohlenstoff mit dem geringsten Chlorgehalt. Julin in Åbo hatte bei einer Destillation von Scheidewasser ein Sublimat erhalten, welches dem zuerst erwähnten Chlorkohlenstoff im Aeussern sehr ähnlich war. Es wurde Faraday und Phillips zur Untersuchung überlassen, welche fanden, dass es ein dritter Chlorkohlenstoff war, der aus gleichen Volumen Kohlenstoff und Chlor zusammengesetzt ist, oder dem Gewichte nach aus 25,2 Kohlenstoff und 74,8 Chlor. Diese Verbindung ist farblos, leicht schmelzbar, flüchtig, schwer zu verbrennen, in Wasser unauflöslich, aber auflöslich in Alkohol und Aether. Julin hat sie nur ein einziges Mal bekommen, und es gelang Faraday und Phillips nicht, sie künstlich hervorzubringen. Die Umstände, unter welchen sie sich erzeugt, sind daher bis jetzt noch unbekannt.

Nach Serullas scheint es eine Verbindung von Chlorkohlenstoff mit Chlorwasserstoff zu geben, die entsteht, wenn man das oben beschriebene, gelbe, ölartige Chlorcyan mit Chlorcalcium und fein gepulvertem kohlensaurem Kalk destillirt. Unter lebhaftem Aufbrausen entwickelt sich ein farbloses, ölartiges Liquidum, und zuletzt sublimirt sich Chlorkohlenstoff. Destillirt man ersteres nochmals, so hinterlässt es von Neuem eine kleine Menge Chlorkohlenstoff, und ist nun rein. Es ist klar und farblos. Es hat einen sauren, stechenden Geruch und einen süsslichen Geschmack. In Wasser ist es unlöslich; auf Papier macht es einen, wieder schnell verschwindenden Fettfleck; von alkalischen Auflösungen wird es nicht, oder nur ausserordentlich langsam zersetzt.

Ich habe endlich noch zu bemerken, dass sich der Kohlenstoff mit Chlor ausserdem in eben so ungewöhnlichen Verhältnissen verbinden zu können scheint, wie mit dem Sauerstoff, wovon ich bei Abhandlung der gegenseitigen Einwirkung von Chlor und Alkohol noch Beispiele anführen werde.

Bromkohlenstoff. Diese Verbindung entsteht, nach Serullas, wenn man in einem etwas hohen, cylindrischen Gefässe 1 Th. festen Jodkohlenstoff und 2 Th. Brom mit einander vermischt. Die gegenseitige Einwirkung findet unter Zischen und Wärme-Entwickelung statt; es bildet sich Jodbromür und Bromkohlenstoff. Ersteres wird vermittelst alkalihaltigen Wassers ausgezogen; der Bromkohlenstoff bleibt als ein farbloses, ätherartig riechendes, süssschmeckendes Liquidum zurück. Unter + 5° ist er fest und krystallisirt, wie Campher. Er ist sehr flüchtig und in Wasser etwas löslich. Seine Zusammensetzung ist noch nicht untersucht.

Eine andere Verbindung von Brom mit Kohlenstoff, von Löwig entdeckt, wird auf folgende Art erhalten: Man fügt zu Alkohol von 0,833 allmählig so lange Brom, als dieses noch aufgelöst wird, wobei zuletzt ein Aufbrausen entsteht, und Bromwasserstoffsäure entwickelt wird. Zu dieser Auflösung mischt man nun so viel von einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol, bis sie farblos geworden ist, und verdunstet dann den grösseren Theil des Alkohols bei gelinder Wärme. Nachdem man alsdann die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt hat, schiesst beim Erkalten der Bromkohlenstoff in farblosen,

campherartigen Krystallen an. Zugleich schlägt sich beim Erkalten ein nicht weiter untersuchtes citrongelbes Oel nieder. — Auch erhält man diesen Bromkohlenstoff, wenn man Brom längere Zeit auf Aether einwirken lässt, und alsdann die Auflösung destillirt. Es geht liquide Bromwasserstoffsäure und ein farbloser, ölartiger, noch nicht untersuchter Körper in die Vorlage über. Der saure Rückstand in der Retorte wird mit Kali gesättigt und mit Wasser verdünnt, wobei sich der Bromkohlenstoff in Menge niederschlägt, den man mit Wasser gut auswäscht. Dieselbe Verbindung erhielt Löwig auch direct aus der Mutterlauge einer Salzsohle, als das daraus abgeschiedene Brom mit Kali gesättigt und die Auflösung abgedampft wurde. Er schied sich dann in Gestalt eines Oeles ab, welches beim Erkalten erstarrte.

Dieser Bromkohlenstoff bildet weisse, sich fettig anfühlende, leicht zerreibliche Krystallschuppen. Er riecht ätherartig, nicht unähnlich dem Salpeteräther; schmeckt scharf und brennend, hintennach kühlend. Er schmilzt bei ungefähr + 50° zu einem farblosen Liquidum, und sublimirt sich bei höherer Temperatur in perlmuttergänzenden Nadeln. In Wasser sinkt er unter, und ertheilt ihm seinen Geschmack, ohne sich bemerklich aufzulösen. Von Alkohol und Aether wird er leicht aufgelöst. Er wird weder von concentrirten Säuren noch von Alkalien zersetzt; auch ist er ohne Einwirkung auf salpetersaures Silber. Er besteht, nach Löwig, aus 92,7 Brom und 7,3 Kohlenstoff, oder aus 1 Atom Kohlenstoff und einem Doppelatom Brom, = CB̶r.

Jodkohlenstoff. Das Jod verbindet sich mit dem Kohlenstoff in zwei Verhältnissen; beide sind von Serullas entdeckt. Die eine entsteht, wenn man Kalihydrat in Alkohol von 0,833 bis zur völligen Sättigung auflöst, und diese Auflösung mit einer ebenfalls gesättigten Lösung von Jod in Alkohol vermischt. Indem man alsdann das Gemisch bei gelinder Wärme verdunstet, scheiden sich daraus kleine, hellgelbe, glänzende Krystallschuppen ab. Diese Substanz ist Jodkohlenstoff. Er kann auch unmittelbar dadurch abgeschieden werden, dass man die Alkohollösung mit Wasser vermischt. Er besitzt einen aromatischen, safranartigen Geruch und einen aromatischen Geschmack. Sein spec. Gewicht ist doppelt so gross als das des Wassers. Er ist darin eben so

unlöslich, wie in Säuren und Alkalien. Von kaustischem Kali wird er jedoch nach und nach zersetzt. Er ist Nichtleiter der Elektricität. Bei + 100° sublimirt er sich ohne Veränderung. Bei + 120° schmilzt er und erleidet dabei eine anfangende Zersetzung unter Entwickelung von Jod und Zurücklassung von Kohle. In Alkohol und Aether ist er löslich; diese Auflösungen haben einen süssen Geschmack. Von Chlor wird er sogleich zersetzt; die Art dieser Zersetzung ist aber noch näher zu untersuchen.

Die zweite Verbindung von Jod mit Kohlenstoff erhält man, wenn man die vorhergehende mit gleichen Theilen Phosphorsuperchlorid, oder mit 4 Th. Quecksilberchlorid (Sublimat) genau vermischt und das Gemenge bei einer Temperatur destillirt, die gerade zur Schmelzung des Jodkohlenstoffs hinreicht. Die Mündung des Destillationsgefässes taucht unter Wasser, unter welchem sich die neue Verbindung in Gestalt eines Oeles ansammelt. So lange sie noch nicht das Wasser erreicht hat, ist sie roth; vom Wasser aber wird sie entfärbt. Man wäscht sie zuerst mit Wasser, dann, zur Entfernung von eingemischtem Chlorjod, mit Kalilösung, und zuletzt mit concentrirter Schwefelsäure, welche die geringe Menge beigemischten Chloräthers zerstört. Hierauf wird sie nochmals mit Kalilösung und mit Wasser gewaschen. Behandelt man sie vor dem Waschen mit Kali mit Schwefelsäure, so wird sie zersetzt. Dieser Jodkohlenstoff bildet ein klares, schwach gelblich gefärbtes Liquidum. Er hat einen durchdringenden, ätherartigen Geruch und einen süssen, lange anhaltenden Geschmack, der, ähnlich wie beim Pfeffermünzöl, mit einem Gefühl von Kälte verbunden ist. In Schwefelsäure sinkt er unter, in Wasser ist er ein wenig löslich, welches davon Geschmack und Geruch annimmt. An der Luft zersetzt er sich und färbt sich dabei roth und braun von freigewordnem Jod. Vom Chlorgas wird er rasch zersetzt. Kalium ist ohne Einwirkung darauf. Er ist nicht entzündlich, selbst nicht, wenn man den elektrischen Funken durch ein Gemenge seines Dampfes mit Sauerstoffgas leitet.

In diesen beiden Verbindungen wurde anfänglich ein Wasserstoff-Gehalt angenommen; Mitscherlich zeigte, dass sie nur aus Jod und Kohlenstoff bestehen, wie auch Serullas selbst später fand. Den liquiden Jodkohlenstoff betrachtet

er zusammengesetzt aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 At. Jod, $= CI^2$, und den festen aus 1 At. Kohlenstoff und 3 At. Jod, $= CI^3$.

10. Bor (*Boron*).

Dieser Körper wurde zu gleicher Zeit von Davy in England und von Gay-Lussac und Thénard in Frankreich entdeckt. Er ist das brennbare Radical der Säure in einem fossilen Salze, dem sogenannten Borax, von welchem er seinen Namen erhalten hat. Er kommt selten in der Natur vor und immer nur als Borsäure, theils als freie, verbunden mit Natron, mit Talkerde, und als Bestandtheil verschiedener Mineralien, wie im Datholit, Axinit, Turmalin.

Die genannten Chemiker erhielten Bor, indem sie fein gepulverte Borsäure, die zuvor durch Schmelzen von Wasser befreit war, mit Kalium vermengten und zum anfangenden Glühen erhitzten. Das Kalium verbindet sich dabei mit dem Sauerstoffe der Säure zu Kali, welches mit einem andern unzersetzten Theile der Säure borsaures Kali giebt, wovon der reducirte Bor umschlossen wird. Nach beendigter Einwirkung des Kaliums erhält man eine graubraune Masse, aus welcher Wasser das borsaure Kali auszieht und den Bor zurücklässt. Auf diese Weise erhält man indess nur eine geringe Menge Bor, im Vergleich mit der Menge des angewandten Kaliums, theils weil die Säure sehr viel Sauerstoff enthält, theils weil sie zu diesem Versuche nicht absolut wasserfrei erhalten werden kann, indem sie während des Pulverns eine bemerkliche Menge Wassers aus der Luft anzieht. Dieses Wasser ist auch die Ursache der Heftigkeit der Feuererscheinung, welche bei der Zersetzung der Säure entsteht, und der Gasentwickelung, die dabei immer statt findet. Mit geringerem Aufwande von Kalium erhält man Bor aus dem schwerlöslichen Salze, welches entsteht, wenn liquide Fluorwasserstoffsäure in der Kälte mit Borsäure gesättigt und von dieser Flüssigkeit dann in eine Auflösung von Fluorkalium so lange eingetropft wird, als sich noch ein Niederschlag bildet. Das erhaltene Salz wird wohl ausgewaschen, und bei einer, der Glühhitze nahen Temperatur getrocknet. Man bringt es dann in einen kleinen Cylinder von

von Eisen, und vermengt es darin wohl mit einer gleichen Menge Kalium (oder genauer mit 29,4 Th. Kalium auf 31,3 Th. des trocknen Salzes). Um diese Mengung zu Stande zu bringen, erhitzt man die Eisenröhre, so dass das Kalium flüssig wird, und arbeitet mit einem Stahldrathe die Salzmasse ein. Der Versuch kann auch in einer, an dem einen Ende verschlossenen Glasröhre vorgenommen werden, aber man muss dann immer befürchten, dass zugleich auch Kieselerde aus dem Glase reducirt werde. Die Eisenröhre wird dann zum anfangenden Glühen erhitzt, wobei der Bor ohne alles hörbare Geräusch reducirt wird; die Masse besteht dann aus Fluorkalium und Bor. Beim Auflösen des ersteren im Wasser bleibt der Bor zurück. Nimmt man zu wenig Kalium, so bleibt ein Theil des Salzes unzersetzt, und es hält dann schwer, dasselbe vollkommen auszuwaschen, weil es im Wasser sehr schwer löslich ist. Es ist daher am besten, etwas Kalium im Ueberschusse anzuwenden.

Der Bor wird auf diese Weise in Gestalt eines dunkelbräunlichen, etwas in's Grüne ziehenden Pulvers erhalten. Beim Auswaschen zeigt es gewöhnlich die Erscheinung, dass, nachdem die erste Flüssigkeit, welche, nach den verschiedenen Operationsweisen, entweder borsaures Kali oder Fluorkalium enthält, abgeschieden ist, die hierauf durchgehende Flüssigkeit sich zu färben anfängt, so dass endlich, wenn alles Salz weg ist, eine dunkelgelbe Auflösung durch's Filtrum geht. Diess ist eine Auflösung von Bor in Wasser. Man kann sie verhindern, wenn das Auswaschen mit einer verdünnten Salmiakauflösung, und zuletzt, zur Wegschaffung des Salmiaks, mit Alkohol geschieht. Die Auflösung von Bor im Wasser ist gelb, mit einem Stich in's Grüne; wird sie mit Salmiakauflösung vermischt, so trübt sie sich, und nach einer Weile fällt der Bor zu Boden. Wird sie zur Trockne verdampft, so hinterlässt sie den Bor als einen durchscheinenden, gelblichgrünen Ueberzug, der bei vollkommenem Austrocknen undurchsichtig wird, Sprünge bekommt, und zu einem gröblichen, dem des ungelösten Theiles des Bors vollkommen gleichenden Pulver zerfällt. Durch Erhitzen im luftleeren Raume, oder in nicht Sauerstoff haltenden Gasarten, verliert der Bor diese Art von Auflöslichkeit in Wasser. Bor ist ein Nichtleiter der Elektricität; ob er durch Reiben selbst elek

trisch werden kann, ist nicht ausgemittelt. Er schmuzt stark an den Fingern ab. Er wird weder von kochendem Wasser, noch von Alkalien oder Säuren verändert, ausser von Salpetersäure und Königswasser, welche davon zersetzt werden, während sich Bor zu Borsäure auflöst. Wird Bor im luftleeren Raume oder in Gasarten, welche keine Wirkung darauf haben, bis zum Weissglühen erhitzt, so erleidet er keine andere Veränderung, als dass er zusammenschrumpft, an Farbe dunkler und um so viel dichter wird, dass er in concentrirter Schwefelsäure untersinkt, was er zuvor nicht thut.

Bor hat eine sehr kräftige Verwandtschaft zum *Sauerstoffe.* Er entzündet sich an der Luft bei einer, etwas unter der des kochenden Baumöls liegenden Temperatur, verglimmt sehr lebhaft mit einem röthlichen Feuer, und wirft Funken wie Kohlenpulver. In Sauerstoffgas entzündet er sich noch leichter und verbrennt mit intensiver Hitze, und es zeigt sich dabei auf seiner Oberfläche eine schwache grünliche Flamme. Weder an der Luft noch im Sauerstoffgas brennt er vollkommen aus, weil die, durch die Verbrennung entstehende Borsäure schmilzt und endlich den Bor so umgiebt, dass er nicht mehr mit dem Sauerstoffe in Berührung kommen kann. Man muss ihn dann mit Wasser auswaschen, welches den unverbrannten Theil des Bors hinterlässt. Man glaubte anfangs, der unverbrannte Theil sei Boroxyd, aber ich habe nicht die geringste Verschiedenheit dieses Bors von anderem finden können; er befindet sich indess in demjenigen dichteren Zustande, in welchen er durch die Hitze versetzt wird. Mit Salpeter verpufft Bor beim anfangenden Glühen mit einer Heftigkeit, welche einer Explosion gleicht. Mit kohlensaurem Alkali gemengt und erhitzt, verbrennt er auf Kosten der Kohlensäure, es wird Kohle reducirt und die Masse davon geschwärzt. Wird Bor zu geschmolzenem kaustischen Alkali gesetzt, so entsteht ein Aufbrausen, es wird Wasserstoffgas entwickelt und der Bor auf Kosten des Wassers oxydirt. Wird der Versuch unterbrochen, so erhält man den nicht oxydirten Bor unverändert wieder, wenn das Alkali mit Wasser ausgezogen wird. Auf nassem Wege oxydirt sich Bor sehr leicht, wenn er mit Salpetersäure oder Königswasser digerirt wird. In allen diesen Fällen bildet sich Borsäure, die einzige bis jetzt bekannte Oxydationsstufe von Bor.

Das Atom des Bors wiegt 136,204 und wird durch B bezeichnet. Er geht meist zu Doppelatomen Verbindungen ein. Ɓ wiegt 272,408. Die Borsäure besteht aus 31,19 Bor und 68,81 Sauerstoff, oder aus 1 Atom Bor und 3 Atomen Sauerstoff.

Bor geht, soviel man bis jetzt weiss, keine bestimmte Verbindung mit *Wasserstoff* ein, aber nach Davy enthält das Wasserstoffgas, welches sich beim Uebergiessen des mit einem Ueberschusse von Kalium reducirten Bors mit Wasser entwickelt, eine Spur von Bor, und Leopold Gmelin fand, dass, wenn Boreisen in Salzsäure aufgelöst wird, man ein Wasserstoffgas erhalte, welches wie *Asa foetida* riecht, und welches, wenn es über Wasser mit Chlor gemengt wird, von Borsäure trüb und nebelig wird; aber es enthält nur sehr wenig Bor. Diess zeigt folglich, dass es keine solche bestimmte chemische Verbindung mit Wasserstoff giebt, wie wir vorher bei den übrigen Metalloïden kennen gelernt haben; da man aber den Bor nicht als im Gase verdampft enthalten betrachten kann, so kann man wohl annehmen, dass sein Borgehalt von einer, dem Wasserstoffgase beigemengten, ähnlichen bestimmten Verbindung herrühre.

Schwefelbor. Mit Schwefel verbindet sich Bor, wenn er bis zum Weissglühen in Schwefelgas erhitzt wird; er entzündet sich dann und brennt mit rothem Feuer, aber der Schwefelbor bedeckt gewöhnlich den unverbrannten Antheil, so dass selten die Masse vollständig sich mit Schwefel verbindet. Da, wo diess geschehen ist, ist der Schwefelbor weiss und undurchsichtig. Das Meiste wird grau und hat fast dieselbe Farbe wie zuvor. Bor scheint sich in mehr als einem Verhältnisse mit Schwefel verbinden zu können. Der Schwefelbor, welchen man erhält, wenn die verbrannte Masse noch so lange glühend erhalten wird, bis sich das Schwefelgas an kälteren Theilen condensirt hat, wird von Wasser mit heftiger Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zu einer klaren, Borsäure haltenden Flüssigkeit aufgelöst. Dasjenige dagegen, welches beim Entzünden im Schwefelgase aus dem Feuer genommen und folglich im Schwefelgase erkalten gelassen wird, giebt bei der Auflösung im Wasser, ausser Schwefelwasserstoffgas, Schwefel in der Art feiner Zertheilung, welche Schwefelmilch (*Lac sulphuris*) ge

nannt wird, und welche eine chemische Abscheidung von Schwefel bei der Auflösung anzeigt. Man hat angegeben, Bor und Schwefel könnten zu einer grünlichen Masse zusammengeschmolzen werden; diess ist aber nur ein mechanisches Gemenge, von welchem der Schwefel mit Hinterlassung unveränderten Bors abdestillirt werden kann.

Es ist nicht gelungen, Bor mit *Phosphor* zu verbinden.

Chlorbor. Frisch dargestellter Bor, der noch nicht im luftleeren Raume erhitzt worden ist, und noch nicht die durch die Hitze entstehende grössere Dichtigkeit angenommen hat, entzündet sich von selbst im Chlorgase und brennt mit Lebhaftigkeit, aber der dichtere Bor entzündet sich nicht darin ohne Hülfe äusserer Wärme. Das Produkt dieser Verbindung ist ein farbloses Gas, welches, wenn es mit der Luft in Berührung kommt, einen dicken Dampf erzeugt. Dieses Gas wird am leichtesten auf die Weise dargestellt, dass man mitten in einem Stücke einer Barometerröhre eine kleine Kugel ausbläst, in welche der Bor gelegt wird. Durch diese Röhre leitet man trocknes Chlorgas, und wenn alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist, so erhitzt man den Bor gelinde. Er entzündet sich, und man fängt nun das Gas, welches über den brennenden Bor gestrichen ist, in dem Quecksilberapparate auf. Es enthält gewöhnlich Chlor im Ueberschusse, welches durch Schütteln mit Quecksilber weggeschafft wird. Dieses Gas wird von Wasser absorbirt, wenn aber das Gefäss einen kleinen Durchmesser hat, so geschieht diess nicht in einem Augenblicke, weil das Gas vom Wasser zersetzt, und Chlorwasserstoffsäure und Borsäure gebildet wird, welche letztere sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit absetzt und das übrige Gas an der freien Berührung des Wassers hindert. Es ist auch in Alkohol auflöslich, welcher davon einen ätherartigen Geruch annimmt. Von Ammoniakgas wird es zu einem salzartigen flüchtigen Körper condensirt, der von einer Stelle des Gefässes zur andern sublimirt werden kann. 1 Volumen Chlorbor condensirt $1\frac{1}{2}$ Volumen Ammoniakgas. Der dicke Dampf, welchen dieses Gas an der Luft erzeugt, entsteht durch die Zersetzung des Gases durch die Feuchtigkeit der Luft, indem Chlorwasserstoffsäure und Borsäure entstehen, welche beide in diesem Falle ihre Gasform verlieren, so dass ihre kleinsten Theilchen in der Luft schwim-

men und sie nebelig und undurchsichtig machen. Da der Chlorbor das Wasser gerade in Chlorwasserstoffsäure und Borsäure zerlegt, so muss er aus 9,257 Th. Bor und 90,743 Th. Chlor bestehen, oder aus 1 At. Bor und 3 Doppelatomen Chlor = BCl^3.

Fluorbor. (*Fluorborsäure*). Wird ein wasserfreies Fluormetall mit geschmolzener Borsäure vermischt und das Gemenge erhitzt, so entwickelt sich eine beständige Gasart, welche Fluorborgas genannt wird. Ist Fluor, wie es wahrscheinlich zu sein scheint, ein Salzbilder, so oxydirt sich in diesem Falle das Metall auf Kosten der Borsäure, und bildet mit einem andern Theile unzersetzter Borsäure ein borsaures Salz. Der reducirte Bor verbindet sich dann mit Fluor zu einem Gas, welches über Quecksilber aufgefangen werden muss. Es hat so viele Eigenschaften einer kräftigen Säure, dass ich es erst bei Beschreibung der Fluorwasserstoffsäure ausführlicher abhandeln will.

Verbindungen von Bor mit *Brom*, *Jod* und *Kohlenstoff* sind bis jetzt noch nicht bekannt.

11. Kiesel*) (*Silicium*).

Der Kiesel ist, nächst dem Sauerstoffe, der häufigste Bestandtheil unserer Gebirge. Er kommt auch, wiewohl nur in geringen Mengen, in der organischen Natur vor. In seinem isolirten Zustande ist er indessen noch nicht lange bekannt. Nachdem Davy entdeckt hatte, dass die feuerbeständigen Alkalien Oxyde seien, glückte es mir, zu zeigen, dass diess auch der Fall mit der Kieselerde sei, welche sich, mit Metallen, z. B. Eisen oder Kupfer, gemengt, von Kohlenpulver bei einer sehr hohen Temperatur reduciren liess, wobei Kieseleisen und Kieselkupfer erhalten wurden. Wenn

*) Da das Wort Kiesel nicht für sich allein, sondern nur als Zusatz gebraucht wird, wie z. B. Kieselerde, Kieselsteine u. s. w., so habe ich es für durchaus unrichtig gehalten, aus einer fremden Sprache ein Wort zur Bezeichnung des Radicales der Kieselerde zu entleihen. Wir verstehen folglich unter Kiesel den brennbaren Körper in der Kieselerde, und hieraus folgt ungezwungen Kieselsäure, kieselsaure Salze etc., statt der widerwärtigen: Siliciumsäure und siliciumsaure Salze.

sich das Kieseleisen in Chlorwasserstoffsäure auflöste, so bildete sich zugleich unaufgelöst bleibende Kieselerde, und es wurde mehr Wasserstoffgas als von reinem Eisen entwickelt. Davy versuchte nachher, Kiesel auf die Weise isolirt zu erhalten, dass er durch glühende Kieselerde Dämpfe von Kalium leitete. Er erhielt dann eine Masse, welche, mit Wasser übergossen, Wasserstoffgas entwickelte und ein bräunliches Pulver abschied, welches indess, unter fortwährender Entwickelung von Wasserstoffgas, in wenigen Augenblicken von Wasser aufgelöst wurde, während die Flüssigkeit eine olivengrüne Farbe annahm. Ich habe nachher gefunden, dass Kiesel auf zweierlei Arten erhalten werden kann: *a*) Wenn Kalium in Fluorkieselgas erhitzt wird. Das Metall überzieht sich mit einer Kruste, die allmählig schwarz wird und endlich springt, wobei sich das Metall entzündet und mit rothem Feuer brennt. Das Produkt der Verbrennung ist eine schlackige, braune Masse, welche, in Wasser geworfen, mit Heftigkeit Wasserstoffgas entwickelt und ein dunkel leberbraunes Pulver abscheidet, welches nicht weiter vom Wasser verändert wird. Diese Materie ist Kiesel, mechanisch gemengt mit einem schwerlöslichen Salze, welches aus Fluorkiesel und Fluorkalium besteht. Davy, so wie Thénard und Gay-Lussac, entdeckten, jeder von seiner Seite, diesen braunen Körper; da sie aber nicht das schwerlösliche Salz abschieden, so wurden sie veranlasst, zu glauben, er sei eine Verbindung von Kiesel mit dem Radicale der Flusssäure, welche beim Verbrennen flusssaure Kieselerde hervorbringe, die indess nur das Produkt von der Zersetzung des eingemengten Salzes durch die beim Verbrennen entstehende Hitze war. Dieses Salz kann jedoch vollkommen ausgewaschen werden, wiewohl diess nur langsam zu bewirken ist. *b*) Das eben genannte schwerlösliche Salz, welches in grosser Menge mit Leichtigkeit erhalten werden kann, wenn man wässrige Fluorkieselwasserstoffsäure mit Kali sättigt, wird wohl ausgewaschen und bei strenger, jedoch nicht zum Glühen reichender Hitze getrocknet, und dann mit $\frac{8}{10}$ bis $\frac{9}{10}$ seines Gewichts Kalium in einer Röhre von Eisen oder Glas vermengt (Platin wird davon sehr angegriffen), indem man das Kalium damit schmilzt und mit einem Eisendrathe sehr innig damit umrührt. Die Masse wird hierauf über einer Spirituslampe

erhitzt, wobei sie, noch ehe sie von aussen zu glühen angefangen hat, auf einmal glühend wird. Das Kalium verbrennt auf Kosten der Kieselerde und erzeugt eine leberbraune, zusammenhängende Masse, welche ein Gemenge von Fluorkalium und Kieselkalium ist, und womit noch ein unzersetzter Antheil des angewandten Salzes vermengt sein kann. Man bringt sie in kaltes Wasser, wobei eine starke Entwickelung von Wasserstoffgas entsteht, die bald aufhört. Sie wird durch die Zersetzung von Kieselkalium durch das Wasser verursacht, indem sich das Kalium zu Kali oxydirt und der Kiesel sich abscheidet. Sobald das Aufbrausen beendigt und die Flüssigkeit klar geworden ist, wird sie abgegossen. Sie ist alkalisch von gebildetem Kali. Es wird frisches Wasser aufgegossen, und auch dieses, nachdem es klar geworden, abgegossen. Weder dieses, noch das zuerst aufgegossene Wasser, darf warm sein, weil das freie Alkali mit Hülfe von Wärme die Oxydation und Auflösung des Kiesels bewirkt. Hierauf wird dieser mit kochendem Wasser so lange ausgewaschen, als dieses noch etwas auszieht. Obgleich das erste Waschwasser alkalisch ist, so werden die letzteren sauer, so dass sie Lackmuspapier röthen. Die Ursache hiervon ist die Auflösung des unzersetzten, schwerlöslichen Salzes, welches die Eigenschaft hat, Lackmuspapier zu röthen. — Je weniger Kalium man nimmt, um so mehr hat man von diesem Salze auszuwaschen und um so langsamer geht das Auswaschen vor sich. Um den Fluorkiesel in 10 Th. Salz zu zersetzen, sind 7 Th. Kalium nöthig, man muss aber noch etwas mehr zusetzen, welches sich mit dem Kiesel verbinden soll. Nimmt man einen grossen Ueberschuss von Kalium, so wird ein Kieselkalium gebildet, welches sich ganz und gar im Wasser auflöst.

Noch eine andere Darstellungsweise des Kiesels, die der vorhergehenden vielleicht vorzuziehen sein möchte, ist folgende: In die Mitte einer Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase bläst man eine Kugel aus, und legt in diese Kalium; auf das Kalium tropft man ein wenig Chlorkiesel, eine Flüssigkeit, deren Bereitung weiter unten angegeben ist, und fügt dann an das eine Ende der Röhre eine kleine Retorte voll Chlorkiesel, den man zum Sieden erwärmt. Das Kalium wird unterdessen über einer kleinen Lampe erhitzt,

wodurch der auf demselben befindliche Chlorkiesel gasförmig entweicht und aus dem Apparate die Luft austreibt. Sobald das Kalium trocken geworden ist, entzündet es sich und verbrennt auf Kosten des Chlorkieselgases, welches man nun rasch aus der Retorte zuströmen lässt. Zuletzt erhitzt man die Masse in der Kugel bis zum Glühen im Chlorkieselgas. Nach dem Erkalten treibt man allen Chlorkiesel durch einen Strom von trockner Luft aus der gelinde erwärmten Kugel aus, und löst alsdann die Masse in Wasser auf, welches das gebildete Chlorkalium aufnimmt und den Kiesel ungelöst lässt.

Man kann auch durch Glühen von Kieselerde mit Kalium Kiesel reduciren, man erhält aber dann nur sehr wenig und unreinen Kiesel. Der grösste Theil löst sich mit dem Kalium im Wasser auf, das Waschwasser wird grünlich und der Kiesel ist mit einer unlöslichen Verbindung von Kieselerde und Kali und mit unzersetzter Kieselerde vermengt.

Der Kiesel, so wie er nach dem Auswaschen und Trocknen erhalten wird, ist ein dunkelbraunes Pulver, das dem Bor so ähnlich ist, dass man sie wohl schwerlich dem Aeussern nach von einander unterscheiden kann. Indess ist es doch etwas dunkler an Farbe und brauner. Er ist ein Nichtleiter der Elektricität; ob er durch Reiben elektrisch werden kann, konnte nicht ausgemittelt werden. Er färbt stark ab, so dass er sich im trocknen Zustande an Finger und alles, was er berührt, stark anhängt. Er kann nicht geschmolzen werden und hat mit der Kohle und dem Bor die Eigenschaft gemein, bei einer höheren Temperatur zusammenzuschrumpfen, dichter, schwerer und an Farbe dunkler zu werden. Er verändert seine Eigenschaften in bedeutenderem Grade als Kohle und Bor, so dass ich den Kiesel, vor und nach Einwirkung einer höheren Temperatur, besonders beschreiben muss. Kiesel vor dem Erhitzen ist an der Luft ziemlich leicht entzündlich und brennt mit grosser Lebhaftigkeit. Dabei verbrennt jedoch nicht mehr als ungefähr $\frac{1}{3}$, das Uebrige wird von der neugebildeten Kieselerde geschützt. Der auf diese Art verbrannte Kiesel hat wenig seine Farbe verändert, er ist nur etwas heller geworden. In Sauerstoffgas brennt er mit noch grösserer Lebhaftigkeit; aber auch dann bleiben bis zu $\frac{2}{3}$ vom Kiesel unverbrannt. Bei der Ver-

brennung in Sauerstoffgas wird, selbst wenn der Kiesel zuvor im luftleeren Raume bis nahe zum Glühen erhitzt worden war, und also kein Wasser mehr enthalten kann, eine Portion Wasser gebildet, und es wird auf dem verbrennenden Kiesel eine schwache, blaue Flamme sichtbar. Es geht hieraus hervor, dass er etwas Wasserstoff enthält, welcher sich, wenn das Kieselkalium vom Wasser zersetzt wird, mit dem Kiesel statt des Kaliums verbindet. Weder von Schwefelsäure, noch Salpetersäure, und auch nicht von einem Gemenge von Salpetersäure mit Chlorwasserstoffsäure, wird er, selbst nicht, wenn diese damit gekocht werden, aufgelöst oder oxydirt. Dagegen wird er mit Entwickelung von Wasserstoffgas, und selbst in der Kälte, von liquider Fluorwasserstoffsäure und von einer concentrirten Auflösung von kaustischem Kali mit Hülfe der Wärme aufgelöst. Kiesel nach dem Erhitzen, z. B. solcher, welcher erhalten wird, wenn Kiesel gebrannt hat und die gebildete Kieselerde mit Fluorwasserstoffsäure ausgezogen wird, ist dunkelchocolatenbraun, sinkt in concentrirter Schwefelsäure unter, ist sowohl an der Luft als in Sauerstoffgas vollkommen unentzündlich, wird nicht in der Löthrohrflamme verändert, nicht, wenn auf ihn im glühenden Zustande chlorsaures Kali gestreut wird, und verbrennt nicht, wenn er mit Salpeter zum gelinden Glühen erhitzt wird. Fluorwasserstoffsäure und eine Auflösung von kaustischem Kali wirken, selbst im Kochen, nicht darauf; er wird aber äusserst leicht von einem Gemenge von Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure, unter Entwickelung von Stickstoffoxydgas, aufgelöst. Dieses verschiedene Verhalten gleicht z. B. demjenigen der leichtentzündlichen Kohle, welche nach unterdrückter Verbrennung von Leinen entsteht, und welche von den Funken des Feuerstahls entzündet wird, und der schwer zu verbrennenden Kohle der Coaks oder der Holzkohlen, welche, nachdem sie der Hitze des Hohofens ausgesetzt waren, herunter in die Form fallen. Man kann den Kiesel in diesem Zustande erhalten, ohne ihn der Verbrennung zu unterwerfen, wenn Kiesel in einem kleinen bedeckten Platintiegel, der mehr als zur Hälfte damit angefüllt sein muss, zuerst sehr langsam und mit aufgelegtem Deckel erhitzt wird, wobei zuerst der Wasserstoff durch den Luftwechsel, welcher zwischen dem

Deckel des Tiegels statt findet, verbrennt und dann bis zum vollen Weissglühen erhitzt wird, das eine Weile anhalten kann. Hierauf zieht man die, den Kiesel verunreinigende Kieselerde mittelst Fluorwasserstoffsäure aus, und es bleibt dann nach dem Auswaschen der Kiesel rein zurück. Wird der Kiesel nach einer solchen Glühung mit Fluorwasserstoffsäure behandelt, so überzieht sich die Flüssigkeit mit einer glänzenden Haut, die jeden herausfallenden Tropfen umgiebt. Diese Haut besteht aus Kiesel, welcher sich über die Oberfläche der Flüssigkeit ausbreitet, und wenn man sie wegnimmt, so bildet sich bei der geringsten Bewegung sogleich wieder eine neue. Wird Kiesel auf ein Filter genommen und gewaschen, so bleibt nach dem Trocknen viel davon auf dem Papiere hängen, was man wieder erhalten kann, wenn das Papier zu Asche verbrannt und die Asche zuerst mit Wasser und dann mit Fluorwasserstoffsäure gewaschen wird.

Das Atom des Kiesels wiegt 277,312 und wird mit Si bezeichnet. Der Kiesel hat eine grosse Verwandtschaft zum *Sauerstoffe*, sie wird aber erst bei sehr hoher Temperatur wirksam. Bis jetzt kennen wir davon nur ein einziges Oxyd, die Kieselerde, welche, ihrer Eigenschaften wegen, richtiger Kieselsäure heissen muss. Um Kiesel vollkommen zu oxydiren, mengt man ihn mit trockuem kohlensauren Kali oder Natron und erhitzt das Gemenge. Bei geringen Mengen desselben brennt er auf Kosten der Kohlensäure bei einer Temperatur, welche noch weit unter der Glühhitze liegt, mit grosser Lebhaftigkeit ab, es wird Kohlenoxydgas entwickelt, und die übrigbleibende Masse ist von reducirter Kohle schwarz gefärbt. Je mehr man kohlensaures Alkali anwendet, um so stärkere Hitze ist zur Entzündung erforderlich, und um so schwächer wird die Feuererscheinung, so dass, wenn man viel kohlensaures Alkali genommen hat, gar kein Feuer entsteht, die Masse nicht schwarz, und nur Kohlenoxydgas entwickelt wird. Das Produkt dieser Verbrennung ist kieselsaures Kali oder Natron. Geschmolzener Salpeter wirkt nicht auf Kiesel, aber beim Glühen entsteht eine geringe und langsame Gasentwickelung, die von einer anfangenden Oxydation des Kiesels herzurühren scheint; setzt man dann etwas wasserfreies kohlensaures Alkali zu, so ver-

pufft der Kiesel sogleich auf Kosten desselben. Diese paradoxe Erscheinung, dass Kiesel, von glühendem salpetersauren Kali umgeben, das mit so grosser Heftigkeit den grössten Theil der übrigen brennbaren Körper verbrennt, auf Kosten von kohlensaurem Kali, auf welches so wenige Körper wirken, verbrennt, ist auf folgende Art zu erklären: die Verwandtschaft des Kiesels zum Sauerstoff wird durch die Gegenwart eines Alkali's wirksam, womit sich die Kieselsäure verbinden kann, gleich wie sich der Zink durch die Gegenwart einer Säure, womit sich das Zinkoxyd verbinden kann, auf Kosten des Wassers oxydirt. Die Kohlensäure ist eine so schwache Säure, dass sie nicht die Wirkung des Alkali's in dieser Hinsicht verhindert, und da Kiesel eine viel grössere Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, als Kohlenstoff, so oxydirt er sich auf Kosten der Kohlensäure. Die Salpetersäure dagegen ist eine starke Säure, welche durchaus diese Wirkung des Alkali's im Salpeter auf den Kiesel verhindert, dessen Anziehung zum Sauerstoffe bei dieser Temperatur noch unwirksam ist. Erhitzt man aber das Gemenge von Kiesel und Salpeter zum vollen Weissglühen, so verbrennt es mit ungewöhnlicher Heftigkeit, auf Kosten der Salpetersäure. Der Kiesel verbrennt auch mit Feuererscheinung auf Kosten des Wassers, welches in den geschmolzenen kaustischen Alkalien enthalten ist; er verändert aber weder die Borsäure noch das borsaure Natron, wenn er damit geschmolzen wird. Die Kieselsäure besteht aus 48,02 Kiesel und 51,98 Sauerstoff, was 1 Atom Kiesel und 3 Atome Sauerstoff ausmacht.

Schwefelkiesel. Wird Kiesel bis zum Weissglühen in Schwefelgas erhitzt, so entzündet er sich und brennt mit einem rothen Feuer, und diess geschieht auch mit solchem, welcher sich nicht mehr in Sauerstoffgas entzünden lässt. Die Verbindung geht, wie die mit Sauerstoff, nur unvollständig vor sich, und ein Theil wird von dem schon verbrannten vor weiterer Verbrennung geschützt. War die Verbrennung vollständig, so erhält man eine weisse, erdige Masse, welche nicht von trockner Luft verändert, und auch beim Glühen nur langsam unter Entwickelung von schwefliger Säure zersetzt wird. Von Wasser wird sie dagegen sehr schnell zersetzt. Die geringste Feuchtigkeit in der Luft

entwickelt daraus den Geruch von Schwefelwasserstoffgas, und in Wasser geworfen, wird sie vollständig mit starker Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas aufgelöst. Die Kieselsäure, welche sonst in Wasser unauflöslich ist, erhält sich nun aufgelöst. Es setzt sich kein Schwefel ab, woraus also hervorgeht, dass der Kiesel gerade so viel Wasserstoff entwickelt, als nöthig ist, um mit dem Schwefel Schwefelwasserstoff zu bilden. Der Schwefelkiesel besteht folglich aus 1 Atom Kiesel und 3 At. Schwefel, d. h. in 100 Theilen, aus 30 Th. Kiesel und 70 Th. Schwefel. Der mit Schwefel nicht vollkommen gesättigte Kiesel hat eine aschgraue Farbe, verhält sich aber im Uebrigen wie der vorige, mit dem Unterschiede, dass er bei der Auflösung im Wasser den noch freien Kiesel ungelöst zurücklässt.

Mit *Phosphor* konnte Kiesel noch nicht verbunden werden.

Chlorkiesel. Wird Kiesel in einem Strome von Chlorgas erhitzt, so entzündet er sich und brennt. Wird das, über den Kiesel gegangene Gas in eine abgekühlte Vorlage geleitet, so wird Chlorkiesel als eine gelbliche Flüssigkeit condensirt, deren Farbe jedoch von absorbirtem Chlorgase herzurühren scheint. Mit geringeren Umständen und in Menge erhält man diese Verbindung, wenn man fein zertheilte Kieselsäure mit Kohlenpulver und Oel zu einem steifen Teig anmacht, die Masse in einem verdeckten Tiegel verkohlt und darauf in kleine Stücke zerbricht, welche man in eine Porzellanröhre legt, durch die man aus einem damit verbundenen Entwickelungsapparat durch Chlorcalcium getrocknetes Chlorgas leitet. Während des Durchströmens des Chlorgases wird die Porzellanröhre zum Glühen erhitzt, die Kohle vereinigt sich alsdann mit dem Sauerstoff der Kieselsäure zu Kohlenoxyd, und das Chlor mit dem Kiesel zu Chlorkiesel. Beide werden in eine künstlich abgekühlte Vorlage geleitet, worin sich der Chlorkiesel verdichtet, während das Kohlenoxydgas entweicht. Der so angesammelte Chlorkiesel enthält überschüssiges Chlor aufgelöst, von dem man ihn durch Schütteln mit Quecksilber befreit, dem man ohne Gefahr etwas Kalium zusetzen kann. Sobald er nicht mehr nach Chlorgas riecht, unterwirft man ihn nochmals einer Destillation.

Der Chlorkiesel ist eine sehr flüchtige Flüssigkeit; sie

kocht bei + 50°, nach Serullas. Sie hat einen sauren, stechenden Geruch, der, wie das Cyangas, die Schleimhaut der Nase und die Augen reizt; sie raucht stark an der Luft, von deren Feuchtigkeit sie in Chlorwasserstoffsäure und Kieselsäure zersetzt wird. Sie röthet ein Stück eingetauchtes Lackmuspapier noch weit über der eingetauchten Stelle. In Wasser getropft, fliesst sie oben auf; grossentheils wird sie davon aufgelöst, setzt aber doch etwas Kieselsäure gallertförmig ab. Wird ein Tropfen Chlorkiesel von einem Tropfen Wasser berührt, so fliesst ersterer um letzteren herum, es entwickelt sich Chlorwasserstoffsäuregas und der Wassertropfen gelatinirt von Kieselsäure. Kalium wird davon nicht verändert; werden sie aber zusammen erhitzt, so verwandelt sich die Flüssigkeit in Gas, worin sich das Kalium, wenn es eine höhere Temperatur erlangt hat, entzündet und verbrennt; man erhält Kieselkalium und Chlorkalium. Wenn Kiesel in Chlorgas verbrennt, so bleibt die Kieselsäure, womit er verunreinigt sein konnte, zurück. Ist der Kiesel rein und das Chlorgas frei von atmosphärischer Luft, so bleibt kein Rückstand. Der Chlorkiesel besteht aus 17,3 Kiesel und 82,7 Chlor, oder aus 1 Atom Kiesel und 3 Doppelatomen Chlor, = $Si\overline{Cl}^3$.

Bromkiesel. Wenn man dampfförmiges Brom über ein glühendes Gemenge von Kohle und Kieselsäure leitet, so entsteht Bromkiesel, welche Verbindung zuerst von Serullas dargestellt worden ist. Das Brom wirkt hierbei weniger kräftig als das Chlor. Man bedient sich daher zum Glühen der Masse lieber einer engen und langen Porzellanröhre, um das Uebergehen eines zu grossen Ueberschusses von Brom zu vermeiden. Ueberschüssige Kohle dagegen veranlasst die Bildung von ein wenig Bromkohlenstoff. Der auf diese Weise erhaltene Bromkiesel bildet ein gelbes Liquidum, welches mit Quecksilber gut umgeschüttelt und destillirt werden muss. Bei diesem Schütteln erwärmt er sich und verdickt sich zu einem Magma, welches jedoch bei der Destillation dem grössten Theil nach als farbloser, dünnflüssiger Bromkiesel übergeht, während in der Retorte das Bromquecksilber zurückbleibt.

Der Bromkiesel ist ein farbloses, an der Luft stark rauchendes Liquidum, welches zwischen — 12° und — 15° fest

wird. Sein Geruch hat etwas Aetherartiges, was von beigemischtem Bromkohlenstoff herrührt. Sein Kochpunkt liegt zwischen + 148 und 150°. Er sinkt in Schwefelsäure unter. Zu Wasser verhält er sich wie der Chlorkiesel. Auch die Schwefelsäure wird davon zersetzt, indem sich Kieselsäure und schweflige Säure bilden und Brom frei wird. Kalium entzündet sich darin bei ganz gelinder Erwärmung, unter Explosion der Masse. Er besteht aus 1 Atom Kiesel und 3 Doppelatomen Brom, $Si\,Br^3$, und enthält in 100 Theilen 25,34 Kiesel und 74,66 Brom.

Eine Verbindung von Kiesel mit *Jod* ist bis jetzt noch nicht dargestellt worden.

Fluorkiesel. Kiesel verbindet sich mit Fluor, wenn er in Berührung mit Fluorwasserstoffsäure kommt. Man erhält diese Verbindung in Gestalt eines nicht coërciblen Gases, wenn Flussspath (ein Mineral, welches aus Fluor und Calcium besteht) mit Schwefelsäure und Kieselsäure gemengt und das Gemenge erhitzt wird. Das Gas fängt man über Quecksilber auf. Es hat, wie das Fluorborgas, Charaktere einer Säure, und soll unter diesen näher beschrieben werden.

Kohlenstoffkiesel. Wird Kiesel mit solchem Kalium reducirt, welches durch Glühen von kohlensaurem Kali mit Kohle erhalten und nur durch Schmelzen gereinigt worden ist, so bekommt man ein Gemenge von Kiesel mit Kohlenstoffkiesel. Es ist etwas dunkler als gewöhnlicher Kiesel und giebt beim Verbrennen kohlensaures Gas. Der Kohlenstoffkiesel ist so zusammengesetzt, dass die Kieselsäure, welche gebildet wird, eben so viel wiegt, wie der Kohlenstoffkiesel vor der Verbrennung wog, woraus hervorgeht, dass der Kohlenstoffkiesel aus 1 Atom Kiesel und 4 Atomen Kohlenstoff besteht, deren letzteren Gewicht beinahe eben so viel beträgt, wie das von 3 Atomen Sauerstoff. Der unverbrannte Theil wird dabei immer kohlenfreier Kiesel.

Der Kiesel verbindet sich auch mit den Metallen, aber nur, wenn in dem Augenblicke, in dem er frei wird (im *status nascens*), ein Metall zu seiner Aufnahme gegenwärtig ist. Einmal isolirt, verbindet er sich nicht mehr mit ihnen. Platin z. B. ist einer von denjenigen Körpern, welche sich sehr begierig mit Kiesel verbinden; aber Kiesel kann ohne Nachtheil in einem Platintiegel bis zum stärksten Weissglü-

hen erhitzt werden. Wird dagegen der Kiesel in einem Platintiegel reducirt, so verbindet sich das Platin bis tief in seine Masse mit Kiesel.

Die Metalloïde mit Sauerstoff und mit Wasserstoff, ihre Oxyde, Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren.

Die Atmosphäre *).

Unter **Atmosphäre** oder **Dunstkreis** unserer Erde verstehen wir eine Schicht von gasförmigen Körpern, welche die Oberfläche der Erdkugel umgiebt und aus solchen Stoffen besteht, denen es an hinlänglicher Cohäsionskraft fehlt, um feste oder tropfbarflüssige Gestalt anzunehmen, und die durch ihre Vereinigung mit Wärmestoff der Einwirkung der Schwerkraft und anderer mechanischer Kräfte, die sie in festere Gestalt zu versetzen suchen, widerstehen. Sie werden bloss durch die Anziehungskraft der Erdmasse zurückgehalten, und würden sich, wenn diese nicht wäre, in das Unendliche ausbreiten. Daher sind sie auch zunächst der Erdoberfläche, wo die Anziehungskraft am stärksten ist, am dichtesten, und nehmen mit der Höhe an Dichtheit ab, so dass sie sich endlich in einem luftleeren Raume endigen.

Untersuchungen von **Faraday** haben es ausser Zweifel gesetzt, dass die gasförmigen Substanzen, bei jedem, nach Temperatur und Natur des Körpers, verschiedenen Grade von Dünnheit, eine horizontale Oberfläche haben. So erheben sich zum Beispiel in einem verschlossenen Gefässe, worin Schwefelsäure, Quecksilber oder andere wenig flüchtige Substanzen enthalten sind, die Dämpfe dieser Körper nur bis

*) Indem ich unter dieser Ueberschrift die Atmosphäre anführe, ist es nicht meine Meinung, die Luft als eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu betrachten; ich finde aber keine Stelle, wo ihre Beschreibung besser hinpasste, als gerade neben dem Wasser, welches sogleich darauf folgt.

zu einer gewissen Höhe über die Oberfläche der Flüssigkeit, wovon man sich leicht durch Reagentien überzeugen kann, die man in verschiedenen Höhen eingebracht hat. Hängt man in einem langen cylindrischen Gefässe in verschiedenen Höhen über Quecksilber Goldblätter auf, und lässt den Apparat in Ruhe stehen, so amalgamiren sich die Goldblätter nur bis zu einer gewissen Höhe und nicht darüber hinaus; bei 0° findet diese Wirkung nur ganz dicht über der Oberfläche des Quecksilbers statt, während sie bei + 10° einige Zoll hoch über demselben, und bei + 20° schon 10 Zoll hoch bemerkbar ist. Hieraus möchte also hervorgehen, dass die in der Atmosphäre enthaltenen dampfförmigen Körper sich nicht bis zu der Höhe der eigentlichen Luft erheben, sondern ihre horizontale Oberfläche tiefer als die der letzteren haben.

Ueber die Begränzung der Atmosphäre ist man lange verschiedener Meinung gewesen. Zwar hatte de Laplace aus den Gravitationsgesetzen zu beweisen gesucht, dass die Atmosphäre sich nicht in's Unendliche erstrecken könne, aber die bündigsten Beweise dagegen verdanken wir Wollaston. Wenn der Weltraum mit einer ausserordentlich dünnen atmosphärischen Luft gefüllt sein sollte, so müssten die darin befindlichen Weltkörper, jeder rings um sich, einen Theil davon condensiren, der seiner Masse und Attractionskraft proportional wäre, und mithin müssten, in unserem Planetensystem, die Sonne, Jupiter und Saturn mit weit grösseren Atmosphären umhüllt sein, als die Erde. Wollaston hat aber, bei dem Durchgang des Planeten Venus durch die Sonnenscheibe, keine solche Refraction beobachten können, wie sie statt finden müsste, wäre die Sonne von einer gasförmigen, an Dicke zunehmenden Hülle wirklich umgeben. Auch die Beobachtungen von den Verfinsterungen der Jupitersmonde zeigen zur Genüge, dass Jupiter mit keiner atmosphärischen Refraction umgeben ist, wodurch also erhellet, dass die Atmosphäre eine Eigenthümlichkeit unserer Erde ist, und daher bestimmte scharfe Gränzen haben muss.

Wie hoch die Atmosphäre hinauf reiche, lässt sich nach dem Barometerstande und nach den bekannten Verdichtungs-Gesetzen berechnen; man nimmt ihre Höhe nach einer Mittelzahl

zahl zu $9\frac{3}{4}$ geographischen Meilen an. Ihre Gestalt ist, wie die der Erdkugel, sphäroidisch; aber der durch ihren Aequator gehende Durchmesser ist im Verhältniss gegen ihre Achse weit grösser, als es bei der Erde der Fall ist, weil die Erwärmung des mittleren Theils der Erdkugel die Luft hier verdünnt, und zwischen den Wendekreisen einen emporsteigenden Strom bildet, welcher von den Polen aus in gleichem Maasse wieder ersetzt wird.

Die Atmosphäre hat, wie das Meer, Ebbe und Fluth, die durch Einfluss der Sonne und hauptsächlich des Mondes erzeugt wird, jedoch am Barometer nicht wahrgenommen werden kann, weil die erhöhte Luftsäule von der Anziehungskraft des Mondes getragen wird. Zwischen den Wendekreisen hat die Atmosphäre zugleich eine tägliche Ebbe und Fluth, die auf das Barometer wirkt. Die Luft wird nämlich jeden Tag von 4 Uhr des Morgens an immer schwerer und schwerer, erhält sich so bis um 12 Uhr; wird dann wieder nach und nach leichter bis 4 Uhr Nachmittags, nimmt nachher bis 10 Uhr Abends wieder an Schwere zu, bleibt so bis 12 Uhr des Nachts stehen, und wird endlich bis 4 Uhr des Morgens wieder leichter. Jedoch sind die Verminderungen bei Nacht nur halb so gross, wie die am Tage. Die Ursache davon liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in der ungleichen Erwärmung der Atmosphäre, wodurch über denjenigen Theilen des Erdbodens, welche am stärksten erwärmt werden, ein steter aufsteigender Strom von erwärmter Luft unterhalten wird; diess ist am Tage zwischen 10 Uhr und 4 Uhr der Fall, wo die Atmosphäre auf der entgegengesetzten Seite der Erde, welche Nacht hat, in derselben Gestalt erhalten werden muss.

Die Stoffe, aus welchen die Atmosphäre zusammengesetzt ist, können sehr mannigfaltig sein. Als Hauptbestandtheile sind indessen nur vier zu betrachten, nämlich Stickgas, Sauerstoffgas, Wassergas und Kohlensäuregas, wovon die beiden ersteren so wenig veränderlich sind, dass man sie mit vollem Rechte als in einem unveränderlichen Verhältnisse vorhanden annehmen kann. Man hat bei aërostatischen Versuchen mehrere 1000 Klaftern über der Erdoberfläche, ferner auf hohen Bergen, in Thälern, unter der Mittagslinie und in der Nähe der Pole Luft aufgefangen, und hat sie über-

all von einerlei Zusammensetzung gefunden. — Ihr Gehalt an Wassergas hingegen ist, je nach der verschiedenen Temperatur der Luft und je nachdem die Erdoberfläche mehr oder weniger Feuchtigkeit enthält, äusserst veränderlich; die Menge des Kohlensäuregases aber verändert sich nach den Jahreszeiten, und nachdem durch Thiere, Pflanzen und durch das Verbrennen mehr oder weniger davon entwickelt wird. Die atmosphärische Luft besteht aus $78\frac{999}{1000}$ Theilen Stickgas, 21 Theilen Sauerstoffgas, und etwa 4 Zehntausendtheilen Kohlensäuregas, dem Volumen nach *).

---

*) Ueber den veränderlichen Kohlensäuregehalt der Luft hat De Saussure sehr genaue Untersuchungen angestellt, deren Resultat in der Kürze folgendes ist: 10000 Volumentheile atmosphärische Luft enthalten nach einer Mittelzahl 4,15 Th. Kohlensäuregas. 5,74 war das Maximum und 3,15 das Minimum in der Gegend von De Saussure's Landgut Chambeisy bei Genf. Regen vermindert den Kohlensäuregehalt der Luft; allein es ist nicht unmittelbar das Herunterfallen des Regens, was hier einwirkt, sondern die Wirkung ist mittelbar und beruht darauf, dass sich bei Durchnässung der Erde der Kohlensäuregehalt der Luft vermindert, und beim Austrocknen vermehrt. Darum ist ein Platzregen, in Folge dessen das Ombrometer stark gefüllt wird, zuweilen ganz ohne Wirkung, während bei derselben Wassermenge, wenn sie sich bei einem anhaltenden Landregen ansammelt, eine bedeutende Veränderung beobachtet wird. Während eines trocknen Winters mit Frost und trockner Erde ist der Kohlensäuregasgehalt grösser, bei Thauwetter geringer. De Saussure fand ihn im Februar zwischen 4,52 und 3,66 variirend; es ist diess natürlicherweise nur ein Beispiel und die Veränderlichkeit niemals constant. Ueber grossen Seen ist der Kohlensäuregehalt geringer, als über dem Lande. Die Abweichung kann bis zu 0,5 auf 10000 gehen, und war nach einer Mittelzahl von 18 vergleichenden Versuchen 0,21, nämlich bei Vergleichung der Luft über dem Genfersee mit der Luft von dem wenig entfernt davon liegenden Chambeisy. Natürlicherweise ist die Verschiedenheit am grössten bei ruhigem Wetter. In der Stadt Genf fand De Saussure den Kohlensäuregehalt der Luft, nach einer Mittelzahl von 15 vergleichenden Versuchen zwischen Genf und seinem Landgut, um 0,31 Th. auf 10000 Th. Luft vermehrt; aus theoretischen Gründen dürfte auch ein grösserer Gehalt an viel bewohnten Stellen vermuthet werden. Auf den in dieser Gegend befindlichen sehr hohen Bergen fand er den Kohlensäuregehalt grösser als auf dem flachen Lande, und auf Bergen wenig verschieden bei Tage und bei Nacht, während er dagegen in der Ebene so variirt, dass er in der Nacht, nach einer Mittelzahl von 15 vergleichenden

Jeder Cubikzoll atmosphärischer Luft wiegt nach einer Mittelzahl 0,4681 Gran oder nicht ganz ½ Gran; die Luft ist folglich über 770mal leichter als das Wasser, und die Erdoberfläche wird von derselben mit gleicher Kraft gedrückt,

---

Versuchen, um 0,34 Th., auf 10000 Th. Luft, grösser ist, als bei Tage. Die Veränderung geschieht gewöhnlich in den ersten Stunden nach Sonnen-Aufgang, und Nachmittags zwischen 4 und 8 Uhr für die Breite von Genf. Zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags ist der Kohlensäuregehalt so wenig veränderlich, dass die gefundenen Verschiedenheiten wohl nur Beobachtungsfehler sein mögen. Auch bei feuchter Witterung ist der Kohlensäuregehalt in der Nacht grösser. Stürme, indem sie dazu beitragen, die kohlensäurehaltigere Luft der höheren Regioneu mit der der unteren zu vermischen, tragen dazu bei, den Kohlensäuregehalt zu vermehren; jedoch ist der Unterschied meist nicht gross und nur aus zahlreichen Beobachtungen zu ersehen. Als Mittelzahl von 17 Vergleichungen fand De Saussure auf 10000 Th. Luft, 0,22 Kohlensäuregas, bei stürmischer Luft mehr als bei ruhiger. Stürme verhindern, dass der Kohlensäuregehalt zwischen Tag und Nacht bedeutend verschieden werde. Was die Ursachen betrifft, welche diese Veränderungen in dem Kohlensäuregehalt der Luft veranlassen können, ist es klar, dass sie zum Theil von der Vegetation und von der veränderlichen Temperatur und Feuchtigkeit der Erde herrühren, indem die Dammerde unaufhörlich zersetzt wird, und darnach zuweilen mehr, zuweilen weniger Kohlensäuregas liefert; allein De Saussure findet doch diese Ursachen für nicht zureichend, und glaubt, dass man erst dann deu ganzen Grund dieser Veränderlichkeiten einsehe, wenn man dazu den Einfluss rechnete, welchen die Luftelektricität auf das Kohlensäuregas ausübe. Diesen nicht so ganz klaren Zusatz versucht er durch Anführung folgender Versuche begreiflich zu machen: Wird reines Wasserstoffgas mit kohlensäurefreier atmosphärischer Luft gemengt und durch den elektrischen Funken entzündet, so erhält man nach der Verbrennung von 2000 Volumentheilen Luft ungefähr 1 Th., oder genauer 0,94 Kohlensäuregas. Diess beweise, dass die Luft eine brennbare kohlenhaltige Gasart enthalte, was sich in einer Menge sorgfältig wiederholter Versuche bestätigt habe. Diese Gasart könne aber wohl nur Kohlenoxydgas sein, von dem man wüsste, dass es durch zersetzende Einwirkung elektrischer Funken aus Kohlensäuregas gebildet werden könne. Hieraus schliesst De Saussure, dass in Folge einer Scintillation, die bei trockner Witterung zwischen unsichtbaren, in der Luft schwebenden Theilchen (des molécules imperceptibles) wohl denkbar sei, wahrscheinlich das Kohlensäuregas in Sauerstoffgas und Kohlenoxydgas zerlegt werde; — eine Hypothese, die wir auf sich beruhen lassen müssen.

als wenn sie von einer 76 Centimeter ($\doteq$ 28 Zoll $\frac{9}{10}$ Linie altfranzösisches Maass) hohen Schicht Quecksilber bedeckt wäre. Dieser Luftdruck verursacht die Erscheinung, welche die Alten durch den Abscheu vor dem leeren Raume erklärten. Es wird nämlich dadurch Wasser oder Quecksilber in einer umgestürzten Flasche erhalten, wenn die Oeffnung derselben eng genug ist, oder unter die Oberfläche eines flüssigen Stoffes gesenkt wird. Ist aber ein solches Gefäss so hoch, dass die darin eingeschlossene Wasser- oder Quecksilbersäule mehr wiegt, als eine gleich starke Säule Luft von der Höhe der ganzen Atmosphäre, so sinkt dieselbe so weit nieder, bis sie mit der entgegenwiegenden Schwere des Luftkreises in's Gleichgewicht kommt. Wenn man z. B. eine 30 Pariser Zoll lange Glasröhre mit Quecksilber füllt, sie sodann umwendet und das untere offene Ende in Quecksilber stellt, so sinkt das Quecksilber in der Röhre bis zu 28 Zoll $\frac{9}{10}$ Linien herab, und lässt einen leeren Raum von 1 Zoll $\frac{1}{10}$ Linie. Daraus entstand das Barometer, ein Werkzeug, womit sich durch die abwechselnde Höhe der Quecksilbersäule die Veränderung des Luftdrucks bestimmen lässt. —

Jeder Quadratfuss der Erdoberfläche trägt bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerhöhe ein Gewicht von $2216\frac{2}{3}$ Pfund, welches bei jeder Linie, um welche das Barometer steigt oder fällt, um 6,5795 oder ungefähr $6\frac{9}{16}$ verändert wird.

Wenn man die Bestandtheile der atmosphärischen Luft nach dem Gewichte bestimmt, findet man ihre relative Menge, wie folgt: Stickgas 75,55; Sauerstoffgas 23,32; Wassergas (nach der Wassergehalts-Capacität der Luft bei ihrer Mitteltemperatur von + 10° berechnet) 1,03, und Kohlensäuregas 0,10. — Der Druck, welchen jede dieser Gasarten für sich bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerstande auf die Quecksilbersäule ausübt, entspricht folgenden Barometerhöhen:

das Stickgas	= 57,4180	Centimeter	oder	254,52795	P. L.
— Sauerstoffgas	= 17,7232	—	—	78,56508	—
— Wassergas	= 0,7828	—	—	3,47007	—
— Kohlensäureg.	= 0,0760	—	—	0,33690	—
	76,0000	—	—	336,90000	—

Das absolute Lichtbrechungs-Vermögen der Luft ist: 0,0005891712, und ihr relatives wird zu 1,000 angenommen. Die specifische Wärme nimmt man, bei der Vergleichung mit Gasarten, ebenfalls zu 1,00 an; mit der specifischen Wärme eines gleichen Gewichts Wasser aber verglichen, beträgt sie 0,2669. Bei Verdünnung der Luft wird ihre Wärme-Capacität nach einem noch nicht ausgemittelten Verhältnisse erhöht, was jedoch, so viel man bis jetzt gefunden hat, mit der Verdünnung nicht proportional zu sein scheint.

Die Luft ist höchst elastisch; sie kann so zusammengedrückt werden, dass die stärksten Werkzeuge sie nicht mehr einzuschliessen vermögen, ohne dass sie desshalb ihre Spannkraft und Gasgestalt einbüsst; eben so lässt sie sich ausserordentlich verdünnen. Dabei verhält sich ihre Elasticität, oder richtiger ihre Ausdehnungs- (Expansions-) Kraft, umgekehrt wie ihr Volumen, d. h. das Vermögen der Luft, sich auszudehnen, nimmt in demselben Verhältnisse zu, in welchem ihr Volumen beim Zusammendrücken abnimmt, oder vermindert sich in demselben Maasse, als dieses beim Ausdehnen grösser wird. (Mariotte's Gesetz.) — Das Werkzeug, womit man die Veränderungen der Dichtheit der Luft misst, heisst ein Manometer. — Eine Luftpumpe hingegen ist ein Instrument, womit man die Luft aus dazu eingerichteten Gefässen auspumpen kann. Man kann damit keinen völlig luftleeren Raum hervorbringen, sondern nur die Luft bis in's Unendliche verdünnen. In der Barometerröhre ist das obere leere Ende ein vollkommen luftleerer Raum; man pflegt ihn, nach dem Erfinder des Barometers, die Torricellische Leere zu nennen.

Die Luft wird durch die Wärme von 0° bis + 100° etwas weniges über ⅓ ihres Volumens ausgedehnt, so dass 100 Cubikzoll 0° warme Luft, wenn sie bis zu + 100° erhitzt werden, 137,5 Cubikzoll einnehmen; oder die Luft dehnt sich auf jeden Thermometergrad um 0,00375 ihres Volumens, bei 0° gemessen, aus, und diese Ausdehnung bleibt sich bei allen Graden vollkommen gleich, wie ich schon bei der Beschreibung des Thermometers angeführt habe. Nach H. Davy's Versuchen gilt diess auch für die Fälle, wenn die Luft zusammengedrückt oder verdünnt ist. Die erwärmte und ausgedehnte Luft wird leichter, steigt in die Höhe und wird

von kälterer und dichter Luft ersetzt, so lange die Erwärmung fortdauert, wodurch ein aufsteigender Strom oder Zug über der erwärmten Stelle entsteht.

Die Temperatur des Luftkreises ist zunächst der Erde am wärmsten, weil die Luft, als Lichtleiter, die Lichtstrahlen nicht zerlegen, und daher durch sie nicht erwärmt werden kann, bevor nicht der Wärmestoff auf der undurchsichtigen Oberfläche des Erdbodens ausgeschieden worden ist. Die dadurch erwärmte Luft steigt empor, mischt sich aber allmählig wieder mit der oberen kälteren und wird dadurch abgekühlt. Daher findet man die Atmosphäre desto kälter, je höher man kommt, so dass ihre Temperatur einige tausend Klaftern über der Erdoberfläche, selbst im wärmsten Sommer, tief unter den Gefrierpunkt herabsinkt. Diess muss auch, wiewohl in weit ansehnlicherer Höhe, über dem Aequator der Fall sein, und die Wärme der Luft muss hier in der Höhe, wo die dichteren Regionen der Luft aufhören, völlig eben so gering, als unter den Polen sein. Daher schmilzt auch der Schnee auf hohen Bergen nicht, selbst wenn diese unter der Linie liegen, und solche Berge stellen im Kleinen Landstriche von gleichem Klima und Naturprodukten dar, wie sie die Natur von der Linie bis zu den Polen im Grossen aufstellt.

Wenn man brennbare Körper in der atmosphärischen Luft bis zu einem gewissen Grade erhitzt, so entzünden sie sich und brennen, wobei die Luft ihr Sauerstoffgas verliert und der Stickstoff zurückbleibt, aber gewöhnlich mit gasförmigen Produkten der Verbrennung vermischt, und daher auch untauglich, das Verbrennen weiter zu unterhalten. Beim Verbrennen bildet die erhitzte und ihres Sauerstoffgases beraubte Luft einen aufwärts steigenden Strom, und wird fortwährend durch den Zutritt kälterer Luft von unten wieder ersetzt. Ohne diesen Umstand würde das Verbrennen nach wenigen Augenblicken aufhören, sobald nämlich das Sauerstoffgas verzehrt wäre, welches den brennenden Körper zunächst umgiebt. Daher brennt das Feuer schlecht, oder verlöscht gänzlich in solchen Feuerstätten, die wenig Zug haben, d. h. wo die wärmere und stickstoffreichere Luft verhindert ist, mit Leichtigkeit aufzusteigen und der kälteren Luft Platz zu machen, die ihren Sauerstoff noch enthält. Je

heftiger dagegen der Zug ist, desto schneller geht der Luftwechsel um den brennenden Körper von statten, desto heftiger muss dieser brennen und desto mehr Sauerstoff muss er in jedem Augenblicke verzehren. Daher kann man durch starkes Zublasen den Luftwechsel bis zu solchem Grade erhöhen, dass der brennende Körper in einer gegebenen Zeit mit so viel Sauerstoff in Berührung kommt, als ob er in reinem Sauerstoffgas verbrannt wäre. Desshalb wird die Hitze in unseren Heerden durch Blasebälge, in unseren Windöfen durch Zug vermehrt, und die Kenntniss, Feuerstätten und Oefen zu bauen, beruht hauptsächlich darauf, sie so anzulegen, dass die erhitzte Luft so ungehindert und schnell, wie möglich, aufsteigen kann.

Ich habe schon oben erwähnt, worin das Verbrennen besteht, und werde hier nur noch einige Worte über die Erscheinungen sagen, welche das Feuer in der atmosphärischen Luft begleiten. Die Körper verbrennen mit oder ohne Flamme. Das letztere ist der Fall mit solchen Körpern, welche sich nicht verflüchtigen können; das erstere bei solchen, aus welchen sich bei höherer Temperatur gasförmige Theile entwickeln; die Flamme aber ist nichts anderes, als dieses Gas, welches verbrennt. Der Unterschied zwischen einem Körper, der beim Brennen bloss glüht, und einem anderen, welcher Flamme giebt, besteht also darin, dass im ersteren Falle ein feuerbeständiger Körper, im letzteren aber nur ein entwickeltes Gas brennt. Daher brennt z. B. Kohle und Eisen ohne Flamme; das Zink aber, welches ein flüchtiges Metall ist, brennt mit Flamme, weil es nicht der geschmolzene oder flüssige Theil desselben ist, welcher brennt, sondern der durch die Hitze in Gas verwandelte.

Wenn die Kohle bei höherer Temperatur in einem unvollkommenen Luftzuge brennt, giebt selbst diese eine kleine blaue, oder in grösseren Massen eine lichtrothe schwache Flamme; dieses kommt daher, dass die Kohle, beim Zutritt von wenig Sauerstoffgas, in eine brennbare Gasart, das Kohlenoxydgas, dessen schon erwähnt worden, verwandelt wird, welches beim Verbrennen eine Flamme bildet. Gasarten, welche für sich selbst brennen, geben leichte, isolirte Flammen, wie ich im Vorhergehenden, bei den Versuchen mit dem Wasserstoffgase und seinen verschiedenen Verbin-

dungen, gezeigt habe. Die Flamme ist oft verschieden gefärbt; von Zink und Phosphor ist sie weiss, von Schwefel blau, von Kupfer grün u. s. w., wovon in der Folge mehrere Beispiele angeführt werden sollen.

Nach Verschiedenheit der Körper ist auch die Flamme, die sie beim Verbrennen geben, mehr oder weniger stark leuchtend, und dieses Leuchtungs-Vermögen steht mit der Hitzkraft in keinem Verhältnisse. Sobald die Stoffe, die sich beim Verbrennen bilden, sich in Gasgestalt in der Flamme erhalten, leuchtet diese wenig; wie z. B. die Flamme des Wasserstoffgases, des gasförmigen Kohlenoxyds und des Alkohols. Allein wenn beim Verbrennen ein fester Körper hinzukommt, welcher von der Flamme in's Glühen versetzt wird, so leuchtet dieser glühende Körper so lange, als er in der Flamme glühend erhalten wird. Daher leuchten brennender Zink und Phosphor so stark, weil bei ihrem Verbrennen Zinkoxyd und Phosphorsäure in fester Gestalt ausgeschieden und glühend werden.

Wenn man in der Flamme des Wasserstoffgases, die beinahe gar nicht leuchtet, einen festen Körper, z. B. Platindrath, erhitzt, so wird dieselbe weit leuchtender, als sie an und für sich ist. Dass die Flamme des ölbildenden Gases und unsrer Kerzenlichter und Lampen so stark leuchtet, rührt daher, dass bei der ersten Berührung der brennbaren Gase mit der Luft das darin enthaltene ölbildende Gas nur theilweise verbrennt und einen Antheil seines Kohlenstoffs in der Flamme niederschlägt, der hier so lange glüht, bis er an den Rand der Flamme gelangt, wo er dann von der Luft berührt wird und verbrennt. Ein Beweis dafür ist, dass, wenn man einen kalten Körper, z. B. eine Messerklinge, in die Flamme hält, der niedergeschlagene Kohlenstoff sich daran ansetzt, und den sogenannten Lampenruss bildet.

Diese an sich einfache Erklärung des ungleichen Leucht-Vermögens der Flamme war den Naturforschern ganz entgangen, bis sie neuerlich Davy in einer höchst interessanten Abhandlung über die Natur der Flamme entwickelte.

Wenn einfache Körper brennen, so ist die Flamme, welche sie bilden, einfach und überall gleichartig; brennen aber zusammengesetzte Körper, so ist sie, nach Verschiedenheit der dabei entwickelten gasförmigen Stoffe, der Stärke und Farbe

des Lichts nach oft verschieden. Als Beispiel möge die Flamme eines brennenden Talglichts dienen. Betrachtet man diese genauer, so sieht man, dass ihr unterer Rand ringsum (Fig. 17. hb Taf. II.) schön hellblau gefärbt ist; über dem Dochte hat sie einen kegelförmigen Raum, cde, der durchscheinender und weniger leuchtend, als der übrige Theil der Flamme, ist, wogegen der denselben umgebende Raum afa am stärksten leuchtet. Aeusserlich wird die Flamme von einer dünnen, wenig leuchtenden Hülle hgh eingeschlossen, welche aber weit heisser, als irgend ein anderer Theil derselben, ist. Bei a ist diese Hülle am heissesten, nimmt aber nach der Spitze g und nach der Basis der Flamme h zu an Hitze ab. Hält man einen etwas feinen Eisendrath quer in die Flamme, so bemerkt man, dass er in den Rändern und am stärksten in der Hülle hgh schwillt und weiss glühet, während er in dem dunkleren Raum cde kaum zum Glühen kommt. Die Ursache hiervon ist folgende: Die kleinen Zwischenräume des Dochtes pumpen, wie andere Haarröhrchen, den geschmolzenen Talg oder das Wachs in die Höhe; diese, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, werden durch die Hitze der Flamme zerlegt, und in brenzliches Oel, in beide Kohlen-Wasserstoffgase und in Kohlenoxydgas verwandelt, welche Gasarten brennen und die Flamme bilden. Im äusseren Umkreise, wo sie mit der kälteren Luft und ihrem ganzen Sauerstoffgas-Gehalte in Berührung treten, ist die Flamme am heissesten, weil hier die Verbrennung auf jedem Punkte am stärksten vor sich geht und der meiste Wärmestoff entwickelt wird. Der schmale blaue Rand entsteht vom Kohlenoxydgas und ein wenig Kohlenwasserstoffgas, die schon bei der ersten und schwächsten Einwirkung der Hitze entwickelt werden. Der innere, dunklere, kegelförmige Raum ist mit brennbaren Gasarten angefüllt, welche hier nicht vollständig verbrennen können, weil die Luft, die bis dahin einzudringen vermag, den grössten Theil ihres Sauerstoffgases schon verloren hat.

Bei Versuchen mit dem Löthrohre (wovon weiter unten die Rede sein wird) verhält sich die Flamme fast auf dieselbe Weise, nur in umgekehrter Ordnung; denn hier fällt der heisseste Punkt, die Mitte, auf diejenige Stelle, wo die grösste Menge der hineingeblasenen Luft verzehrt wird. Der

blaue Rand a b, welcher sich in Figur 17. beim Zutritt der Luft am untersten Theile der Flamme bildete, zeigt sich hier (Figur 18. ab) beim Zutritt der durch das Rohr zugeblasenen Luft mitten in derselben, und so wie die Hitze in Fig. 17. bei a am stärksten war, so ist sie es auch hier, nur mit dem Unterschiede, dass der heisseste Theil der Flamme, welcher im ersten Falle einen Gürtel um die ganze Flamme herum bildete, hier in einem einzigen Punkte in der Mitte, gleich vor der langen blauen Flamme a b, zusammengedrängt ist, und nach der Spitze zu, noch schneller und stärker aber nach dem Löthrohre zu, an Hitze abnimmt. Daher rührt die bei der Lehre vom Löthrohre zu erwähnende Anwendung der äusseren und inneren Flamme, je nachdem man den zu untersuchenden Körper bei höherer oder niederer Temperatur verbrennen will.

Es ist schwierig, mit einiger Genauigkeit die Intensität der Hitze einer Flamme anzugeben. Becquerel, indem er die Abweichungen der Magnetnadel verglich, die durch das Erhitzen eines thermoelektrischen Paares in der Flamme einer Weingeistlampe verursacht wurden, glaubt gefunden zu haben, dass die Hitze am äusseren Rande dieser Flamme 1350 Thermometergrade, in der Flamme selbst 1080, und gleich über dem Dochte in der Flamme 780 Grad betrage.

Wenn um einen brennenden Körper herum kein Luftwechsel mehr statt findet, und der Sauerstoff verzehrt ist, so verlischt er; da aber die Hitze seiner Masse nicht so schnell mit aufhört, so verflüchtigen sich noch fortdauernd eine Menge Stoffe, und bilden einen aufsteigenden Rauch. Dieser Rauch, welcher vorher die Flamme ausmachte, entzündet sich beim Zutritt der Luft von Neuem, wenn der verloschene Körper seine Temperatur noch beibehalten hat, oder ein brennender Körper ihm genähert wird. Wenn man z. B. ein brennendes Licht ausbläst, so wird der Docht durch den heftigen Luftwechsel so abgekühlt, dass das Gas nicht mehr brennen kann; der Docht glüht aber noch und entwickelt die brennbaren Gasarten in Rauchgestalt, und wenn man daher in geringer Entfernung über den rauchenden Docht ein anderes brennendes Licht hält, so entzündet sich das Gas, und die Flamme scheint von dem brennenden Lichte zum ausgeblasenen herunter zu fahren. Hat der Docht auf-

gehört zu glühen, so ist der Rauch, der nun bei einer niedrigen Temperatur gebildet wird, unentzündlich, und besteht meist aus Wasser, brenzlichem Oele und Essig, wogegen bei grösserer Hitze der Kohlenstoff diese Körper zerlegt, und Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und ein wenig Kohlensäure mit ihnen gebildet haben würde.

Alles, was den Zutritt der Luft zu der Oberfläche eines brennenden Körpers verhindert, löscht ihn auch aus. Wir bedienen uns daher zum Feuerlöschen des Wassers, theils weil es die Oberfläche des brennenden Körpers überzieht, theils ihn abkühlt. Wird das Wasser mit Thon, braunem Ocher, Salz, Vitriol oder ähnlichen Körpern gemischt, so bleiben dieselben zurück, wenn das Wasser verdampft ist, und verhindern zum Theil, dass der verbrannte Körper sich von Neuem entzündet. Daher hat man verschiedene Feuerlöschungs-Stoffe, die bei kleinen Feuersbrünsten von einigem Nutzen sein können, bei grossen aber dem Zwecke nicht entsprechen. Die Versuche, welche man mit solchen Feuerlöschungs-Stoffen, auch in Schweden, mit Häusern angestellt hat, die mit Theer bestrichen und mit Stroh und fettigen Körpern angefüllt waren, haben die Zuschauer bloss geblendet und getäuscht, denn diese Körper brennen zwar mit einer glänzenden Flamme, aber mit geringerer Wärme, und erlöschen von gemeinem Wasser eben so leicht, als von jenen feuerlöschenden Gemengen. — Wenn bei einer Feuersbrunst die Temperatur sehr hoch und die brennende Masse so gross ist, dass das Wasser, womit man sie zu löschen sucht, die Stelle nicht abkühlen kann, auf die es fällt, so wird die Heftigkeit des Feuers dadurch vermehrt. Die Kohle verbrennt nämlich auf Kosten des im Wasser enthaltenen Sauerstoffs, und das Wasserstoffgas, welches sich nebst Kohlenoxydgas entwickelt, verbrennt mit einer heftig hervorbrechenden hohen und blassen Flamme, wie man dieses oft beim Abbrennen grosser Gebäude sehen kann. In diesem Fall ist mit Spritzen nichts auszurichten *) — Schweflig-

*) Im Kleinen kann man diess nachbilden, wenn man im Aschenheerde eines Windofens etwas Wasser auf die heisse Asche giesst; die dabei gebildeten Wasserdämpfe durchstreichen die Feuerstätte, wo sie von den Kohlen zerlegt werden. Hierbei bilden sich die brennenden Gasarten, die, wenn sie im Ofen nicht hinlänglichen Sauer-

saures Gas erstickt das Feuer sehr schnell, man kann daher einen brennenden Schornstein sehr oft dadurch löschen, dass man Schwefel auf dem Heerde verbrennen lässt.

Wenn Luft auf einer Stelle eingesperrt ist, wo sich organische Körper oder Ueberreste davon befinden, so wird der Sauerstoff nach und nach, während der langsamen Zersetzung derselben, verzehrt, und der Stickstoff bleibt allein, oder mit gasförmigen Ausdünstungen dieser Körper vermengt, zurück. Bringt man ein brennendes Licht hinein, so verlischt es, und Thiere und Menschen sterben augenblicklich, ohne wieder in's Leben zurückgebracht werden zu können. Die schwarze Dammerde besteht aus Ueberresten von Pflanzen und Thieren, mit mehr oder weniger Erdarten vermengt, und zerlegt desshalb die Luft sehr schnell; daher ist die Luft in Kellern, die nicht mit Zuglöchern versehen, oder die lange verschlossen gewesen sind, zum Athemholen wenig dienlich und bisweilen so schlecht, dass Menschen darin sogleich sterben. Dadurch werden oft Unglücksfälle, besonders in Gruben veranlasst. Zuweilen findet man in letzteren einen ungewöhnlich grossen, bis zu 0,07 steigenden, Gehalt von kohlensaurem Gase, der auf die Gesundheit der Arbeiter einen höchst schädlichen Einfluss hat, selbst wenn die Luft übrigens richtig gemengt ist. Steigt der Kohlensäuregehalt der Luft bis zu 9 Procent des Volumens derselben, so ist er erstickend, weil die eingeathmete Luft dann eben so viel kohlensaures Gas, als die ausgeathmete gewöhnlich, enthält.

Es ist lange eine Frage gewesen, ob die atmosphärische Luft eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff, oder nur ein mechanisches Gemenge dieser Gasarten sei, und man hat aus den geringen Abänderungen ihrer Grundmischung den Schluss ziehen wollen, dass sie eine chemische Verbindung, ein Stickstoffoxyd, sei. Als einen vorzüglichen Grund für diese Vermuthung hat man angeführt, dass das Sauerstoffgas, da es schwerer als das Stickgas sei, bei vollkommener Luftstille niedersinken, und dann der untere Theil der Atmosphäre einen grösseren Gehalt an Sauerstoff haben müsste. Diese Folgerung ist aber völlig unrichtig; denn die

stoff zu ihrer Verbrennung finden, sich ausserhalb des Schornsteins entzünden und eine, mehrere Fuss hohe, flackernde Flamme bilden.

Gasarten mengen sich ganz so, wie die Flüssigkeiten, und das Verhältniss im Gemenge bleibt auf allen Punkten völlig gleich, ohne dass die Schwere bei vollkommener Ruhe eine Absonderung darin hervorbringen kann; so vermengen sich z. B. Alkohol und Wasser, und trennen sich nicht wieder, wenn man sie auch lange ruhig stehen lässt.

Wenn daher z. B. eine gewisse Menge Wasserstoffgas in die atmosphärische Luft gebracht wird, so steigt es zwar anfänglich, vermengt sich aber beim Aufsteigen mit der Luft, so dass es sich endlich gleichförmig darin vertheilt hat. Auf gleiche Weise sinken kohlensaures Gas und Sauerstoffgas anfangs nieder, vertheilen sich aber nachher nach allen Seiten. — Eine offene Flasche, die man mit Sauerstoffgas füllt und auf einen ruhigen Platz hinstellt, sollte dieses Gas, wegen seiner Schwere, nicht verlieren; gleichwohl aber ist die Luft nach Verlauf zweier Stunden in der Flasche nicht sauerstoffhaltiger, als die Luft im Zimmer. Eine umgestürzte Flasche mit Wasserstoffgas sollte dieses Gas zurückhalten; allein nach ein paar Stunden ist es gänzlich daraus verschwunden *).

*) Die Gase haben eine gewisse Neigung, sich mit einander zu mengen, welche bewirkt, dass sie einander schnell durchdringen und eins in dem anderen, wie in leeren Zwischenräumen, sich ausbreiten. Diess hat mehrere Irrthümer bei Beurtheilung solcher chemischer Versuche veranlasst, die in porösen Gefässen, z. B. von Thon oder Steingut, angestellt worden sind, weil die Luft in den Poren dieser Gefässe eine Gemeinschaft zwischen der äusseren und der im Gefässe eingeschlossenen Luft herstellt. Daher muss in einer Thonretorte oder in einem hessischen Tiegel die Luft, welche das Gefäss umgiebt, nach und nach in dasselbe eindringen und auf die darin befindlichen Stoffe einwirken. Priestley fand, dass poröse Gefässe, wenn sie auch so dicht waren, dass die Luft bei gewöhnlicher Temperatur mittelst der Luftpumpe in denselben verdünnt werden konnte, dennoch die darin eingeschlossenen Gasarten leicht durchliessen, und statt ihrer atmosphärische Luft einsogen, wenn sie einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden. — Füllt man eine trockene Ochsenblase mit Sauerstoffgas und lässt sie 24 Stunden hängen, so findet man nachher die darin enthaltene Luft nur wenig reicher an Sauerstoffgas, als die umgebende Luft, weil sich diese mit dem Sauerstoffgas durch die Poren der Blase vermengt hat.

Zu den schönsten Beweisen für diese Eigenschaft der Gase, sich durch die feinen Oeffnungen poröser Körper mit einander zu vermengen, gehören folgende von Mitschell angestellte Ver-

Mehrere Naturforscher haben beweisen wollen, dass die atmosphärische Luft ein Oxyd des Stickstoffs sei, und zwar

suche. Er hatte gefunden, dass gewöhnliche Kautschuckflaschen, nachdem sie eine Zeit lang in Aether oder Sassafrasöl aufgeweicht worden waren, mit gehöriger Vorsicht zu grossen, dünnen, durchscheinenden Blasen aufgeblasen werden konnten, und nachher auch so blieben. Als er sie mit Wasserstoff füllte und gut zuband, stiegen sie bis an die Decke auf, sanken aber gewöhnlich in 24 Stunden wieder herab. Um hiervon die Ursache auszumitteln, stellte er ein mit atmosph. Luft gefülltes und mit einer solchen dünnen Kautschuckblase luftdicht zugebundenes Glas unter eine mit Wasserstoffgas gefüllte Glocke. Da fand er nun, dass sich die Blase über dem Gefässe mehr und mehr durch das zur Luft im Gefässe eindringende Wasserstoffgas ausspannte, bis sie endlich platzte. Füllte er das Glas mit Wasserstoffgas und die Glocke mit Luft, so drang das Wasserstoffgas durch die Blase heraus, die nun umgekehrt in das Glas hineingedrückt wurde, bis sie wiederum platzte. Er machte sich ferner von einer langen Glasröhre einen sehr ungleichschenkligen Heber, dessen kürzerer Schenkel am Ende trichterförmig erweitert und mit dünner Kautschuckblase überbunden wurde; in den längeren Schenkel aber wurde Quecksilber gegossen, so dass es in den beiden Schenkeln der Röhre gleich hoch zu stehen kam. Darauf wurde der kürzere überbundene Schenkel in eine, mit irgend einem Gase gefüllte und durch Quecksilber gesperrte Glasglocke geführt. Das Gas drang nun durch die Blase zur Luft in der Röhre, während eine weit geringere Menge Luft in entgegengesetzter Richtung unter die Glocke trat, indem dabei das Steigen des Quecksilbers in dem längeren Schenkel sowohl die Schnelligkeit und Grösse des Eindringens, als die Kraft, womit es geschah, zu erkennen gab. Auf diese Weise ergab es sich, dass Ammoniak am raschesten geht, in der Art, dass davon in einer Minute so viel durch die Blase hindurch ging, wie von Schwefelwasserstoffgas in $2\frac{1}{2}$ Minute, von Cyangas in $3\frac{1}{2}$, von Kohlensäuregas in $5\frac{1}{2}$, von Stickoxydulgas in $6\frac{1}{2}$, von Arsenikwasserstoffgas in $27\frac{1}{2}$, von ölbildendem Gas in 28, von Wasserstoffgas in $37\frac{1}{2}$, von Sauerstoffgas in 113 Minuten, von Kohlenoxydgas in 2 Stunden und 40 Minuten, und von Stickgas in 3 Stunden und 15 Minuten. Das Steigen konnte allmählig so vermehrt werden, bis die Blase eine Quecksilbersäule von 63 Zoll Höhe trug, was zwei Atmosphären entspricht, worauf sie platzte. Dabei war nicht zu bemerken, dass das Eindringen mit abnehmender Schnelligkeit geschah. — Aehnliche Versuche, mit ganz analogen Resultaten, hat auch Graham mit Anwendung einer feuchten Blase angestellt. Sie scheinen zu beweisen, dass sowohl dünnes Kautschuck als Wasser, in Beziehung auf Gase, als poröse Körper zu betrachten sind, in die sie, gleich wie in Kohle eindringen, und sich gegen-

aus dem Grunde, weil sie fast genau aus 4 Maasstheilen Stickgas und 1 Maasstheile Sauerstoffgas bestehe, und folglich halb so viel Sauerstoffgas als das Stickstoffoxydul enthalte. Allein wenn diess wirklich der Fall wäre, so würde die atmosphärische Luft das erste Beispiel abgeben, dass ein mechanisches Gemenge völlig dieselben Eigenschaften, wie eine, aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzte chemische Verbindung hätte. Denn ein künstliches Gemenge aus 4 Theilen Stickgas und 1 Theil Sauerstoffgas unterscheidet sich, seinen chemischen und physischen Eigenschaften nach, durchaus nicht von der atmosphärischen Luft, und dass bei dieser Mengung keine chemische Verbindung eintrete, ergiebt sich deutlich daraus, dass dabei weder eine Veränderung im Volumen, noch in der Temperatur vorgeht. Da überdiess das Stickoxyd auf Kosten der Luft in salpetrige Säure verwandelt wird, so müsste ein höheres und mit mehr Sauerstoff gesättigtes Oxyd, ohne Mitwirkung irgend eines fremden Körpers, eine niedrigere Oxydationsstufe des nämlichen Radicals reduciren können, wofür die Chemie kein entsprechendes Beispiel anzuführen vermag.

Die atmosphärische Luft ist daher kein gasförmiges Oxyd des Stickstoffs, sondern ein mechanisches Gemenge von Stickgas und Sauerstoffgas.

Eine Atmosphäre, die bloss aus Sauerstoffgas bestände, würde eine ganz andere Einrichtung in der Natur voraussetzen; denn in diesem Falle würden, bei der bestehenden Organisation der Thiere, dieselben, durch die übermässige Oxydation des Bluts in ihren Lungen, schnell darin sterben, so wie die geringste Unvorsichtigkeit mit Feuer den grössten Theil der Erdoberfläche schnell in Brand setzen würde. — Auf welche Weise übrigens das, bei allen organischen und unorganischen chemischen Prozessen, unaufhörlich verzehrt werdende Sauerstoffgas

seitig austauschen, wenn diese Körper auf beiden Seiten von Gemengen in ungleichen Verhältnissen umgeben sind. Sind die Gemenge auf beiden Seiten gleich, so geht kein Austausch vor sich. Die Ursache der, in den obigen Versuchen erwähnten Ausspannung der Blase ist darin begründet, dass das eine der Gase in einem weit grösseren Verhältniss als das andere in die Poren eindringt, und folglich auch auf der anderen Seite in einem weit grösseren Verhältniss ausgewechselt wird.

wieder ersetzt werde, ist uns völlig unbekannt. Wir kennen keinen einzigen desoxydirenden Prozess, welcher zur Wiederentwickelung alles gebundenen Sauerstoffes und zur Erhaltung der niemals veränderlichen Proportionen zwischen den beiden Gasen gross und allgemein genug wäre. Die Auflösung dieses Problems ist von der höchsten Wichtigkeit für die chemische Theorie; vielleicht dürfte auch dieses Geheimniss mit der Zeit der in so vielen Fällen geheimnissvollen Natur abgelockt werden. —

Man glaubte lange Zeit, dass die Gewächse im Sonnenschein das Wasser in ihren Säften zerlegten und den Sauerstoff in Gasform entwickelten; allein diess ist unrichtig, und die Luft bleibt sich Sommer und Winter in ihrer Zusammensetzung gleich. Wollte man von der oben erwähnten Vermuthung, dass die Luft möglicherweise in einem unendlichen Grade von Verdünnung über den ganzen Weltraum verbreitet sein könnte, eine stete Erneuerung der Erdatmosphäre herleiten, so würde jene Aufgabe dadurch nicht im mindesten erklärt werden, weil wir keine merkliche Vermehrung der Menge des gebundenen Sauerstoffs und der oxydirten Körper auf der Erdoberfläche bemerken.

Prevost hat berechnet, dass der Sauerstoff, welcher während eines Jahrhunderts durch die organischen Geschöpfe des Erdbodens verzehrt wird, nicht mehr als $\frac{1}{7200}$ der ganzen Gewichtsmasse des in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffs ausmachen dürfte, und daher durch das Eudiometer sich nicht messen lasse. Diess mag sich nun wirklich so verhalten, oder nicht, — denn die Richtigkeit solcher Berechnungen lässt sich nicht erweisen — so ist doch so viel gewiss, dass uns die Weltgeschichte mit keinem Umstande bekannt macht, aus welchem sich die Vermuthung ableiten liesse, dass die Atmosphäre in früheren Zeiten reicher an Sauerstoff gewesen sei, als jetzt.

Die blaue Farbe, unter welcher uns der Himmel erscheint, ist wahrscheinlich der Luft eigenthümlich. Sie scheint so schwach zu sein, dass man sie nur bemerkt, wenn man die Luft in Masse sieht. Wäre die Luft ein vollkommener Lichtleiter, so würde der Himmel schwarz aussehen, wir würden in ein unbeschreibliches Dunkel blicken, und das Tageslicht würde sehr ungleich auf unsere Erde fallen; statt dass nun die

die Lichtstrahlen von der Atmosphäre zurück geworfen werden und zu einer stärkeren und gleichförmigeren Vertheilung des Lichts beitragen. Die eigentliche Farbe der Luft scheint dunkelblau zu sein. Wenn man den Himmel von hohen Bergen aus betrachtet, so erscheint er dunkler, je höher man kommt, weil die Atmosphäre hier niedriger wird und der sie umgebende dunkle Raum ihre Farbe verdunkelt. Das Verlaufen der Farbe des Himmels aus dem Dunkelblauen bis in's Hellblaue und endlich fast bis in's Weisse rührt von Wasserdämpfen her, die in der Luft schweben, von der Sonne erleuchtet werden und ihr Licht zurückwerfen. Je grösser die Menge solcher Dämpfe in der Luft ist, desto heller blau erscheint diese, und umgekehrt. Daher ist sie des Morgens und Abends heller, des Mittags und Nachts aber dunkler von Farbe, besonders im Winter.

Das Verfahren, den Sauerstoffgas-Gehalt der Luft zu untersuchen, nennt man **Eudiometrie**.

Man glaubte lange, dass dieser Gehalt sich verändere, und dass hiernach die Luft mehr oder weniger schädlich für die Gesundheit sein könne. Ich habe mehrmals angeführt, dass die Mengung der Atmosphäre in freier Luft sich immer gleich bleibt, und dass jene Meinung also unrichtig ist. Die Stoffe hingegen, welche die Luft für die Gesundheit nachtheilig machen, und bei Menschen und Thieren Krankheiten befördern, sind in ihr als Dünste enthalten, und verändern ihren Gehalt an Sauerstoff so unbedeutend, dass man die stinkende Atmosphäre um Leichen herum, sowohl im Freien, als in Zimmern, die dem Zutritte der Luft nicht ganz vollkommen verschlossen sind, eben so sauerstoffgashaltig, als die übrige Luft, gefunden hat. Dergleichen Stoffe findet man in äusserst geringen Quantitäten der Luft beigemengt, auf eben die Weise, wie Phosphor im Wasserstoffgas, Stickgas u. s. w. verdunstet, ohne die Natur dieser Gase zu verändern. Sie können nicht durch Eudiometrie entdeckt werden, ungeachtet wir in neuerer Zeit sie zu zerstören und ihre schädlichen Einflüsse auf die Gesundheit aufzuheben gelernt haben, wie ich schon beim Chlor erwähnt habe.

Es giebt verschiedene Methoden, den Sauerstoffgas-Gehalt der Luft zu untersuchen, wovon ich die vorzüglichsten anführen werde.

1) *Wasserstoffgas-Eudiometer.* Dieses Instrument besteht aus einer 8 bis 9 Zoll langen Glasröhre von sehr dickem Glase, und von höchstens ½ Zoll innerem Durchmesser, an dem einen Ende zugeschmolzen (Fig. 19. Taf. II.). In kleiner Entfernung von diesem Ende sind in die Röhre einander gegenüber zwei Löcher gebohrt; in jedes derselben wird ein kleines Stück Eisen- oder Platindrath luftdicht und fest eingekittet, so dass sich diese Dräthe im Innern der Röhre nicht einander berühren, wie a und b zeigen. Eine Strecke weit ist die Röhre oben genau graduirt (und zwar auf zwei Seiten, zur Vermeidung der Parallaxe beim Messen).

Soll nun eine gewisse Menge atmosphärischer Luft untersucht werden, so mengt man sie in der Röhre mit etwa halb so viel Wasserstoffgas (wozu sich das aus destillirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure gewonnene anwenden lässt, ohne dass aus dessen geringem Gehalte an fremden Stoffen bedeutende Fehler entstehen). Man lässt sodann einen elektrischen Funken zwischen den Dräthen überspringen, wobei die Gase verbrennen und der Sauerstoff nebst dem Wasserstoff in Wasser verwandelt wird. Auf ein Volumen verzehrtes Sauerstoffgas kommen zwei Volumen Wasserstoffgas, so dass in diesem Versuche, beim Verbrennen von 100 Volumen-Theilen atmosphärischer Luft mit 50 Theilen gewöhnlichen Wasserstoffgases, 63 Theile verschwinden, wovon 21 aus Sauerstoffgas und 42 aus Wasserstoffgas bestanden. —

Der Versuch kann über Wasser gemacht werden, geschieht aber am besten über Quecksilber, in einer Vorrichtung, wie Fig. 20. dargestellt ist. Der äussere, geräumigere und am offenen Ende sich erweiternde Cylinder B wird mit Quecksilber gefüllt, und die Röhre A hineingestellt. Ist die Verbrennung geschehen, so wartet man ab, bis das davon erwärmte rückständige Gas wieder bis zur Temperatur der Zimmerluft abgekühlt ist, und drückt dann die Röhre A so tief in die Röhre B hinunter, bis das Quecksilber in jener so hoch steht, wie um sie herum in B. Man muss dabei das Thermometer mit beobachten, damit man für den Fall, dass unterdessen die Temperatur des Zimmers sich verändert haben sollte, das erhaltene Resultat darnach berichtigen kann.

2) *Phosphor-Eudiometer.* Eine Glasröhre von 16 Zoll Länge und 2 Linien Durchmesser, wird an einem Ende zu

einer Kugel ausgeblasen, und unterhalb der Kugel etwas eingezogen, wie Fig. 21. Taf. II., so dass a b einen geringeren Durchmesser als b c erhält. Man macht sich nun Stückchen von Phosphor, welche durch a b durchgehen, legt ein solches Stückchen Phosphor hinein und füllt die Röhre mit Quecksilber. Der Phosphor, welcher schief in die Kugel fällt, kann von selbst nicht wieder herausfallen. Die Röhre wird nun umgekehrt in Quecksilber gestellt, worauf man die zu untersuchende Luft hineinbringt und den Apparat ruhig stehen lässt. Der Phosphor fängt nun an, einen Rauch von phosphoriger Säure von sich zu geben, welcher immerfort niedersinkt. Wenn sich dieser Rauch nicht mehr bildet, und der Phosphor im Dunklen zu leuchten aufgehört hat, wird die Röhre soweit hinabgedrückt, bis das Quecksilber in und ausserhalb derselben in gleicher Höhe steht. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die zurückbleibende aber ist Stickgas, in welchem etwas Phosphor verdunstet ist und welches dadurch um $\frac{1}{40}$ seines Volumens ausgedehnt worden ist, welcher Zuwachs in Abrechnung gebracht werden muss. Man wird bei diesem Versuche finden, dass die atmosphärische Luft 0,21 an ihrem Volumen verloren hat; indessen giebt jeder Versuch kleine Abweichungen, so dass man 0,20 bis 0,21 verzehrt findet. Diess rührt jedoch nicht von der Verschiedenheit des Gehalts der Luft an Sauerstoffgas, sondern von kleinen unvermeidlichen Zufälligkeiten beim Versuche selbst her. Es versteht sich von selbst, dass auch hierbei das Thermometer beobachtet werden muss.

Wenn man die Eudiometerröhre krümmt, wie in Fig. 22., so kann man den Phosphor mit Hülfe eines Lichts erhitzen, so dass er sich entzündet und den Sauerstoff der Luft auf einmal absorbirt; dann muss man aber beim Einfüllen des Gases so viel Quecksilber in der Röhre zurücklassen, dass kein Theil der unter dem Verbrennen sich ausdehnenden Luft herausdringen kann.

3) *Schwefelkalium-Eudiometer.* Es wurde von Scheele eingeführt, welcher uns zuerst den Unterschied zwischen den Bestandtheilen der Luft kennen lehrte. Es gründet sich darauf, dass Auflösungen von Schwefelalkalien das Sauerstoffgas verzehren, während ein Theil ihres Schwefels sich damit zu unterschwefliger Säure verbindet. Es ist für die Prüfung

grosser Luftmengen passend. Wenn die Lösungen warm sind und umgeschüttelt werden, geht die Zersetzung weit schneller vor sich. Hierbei ist aber zu erinnern, dass das Schwefelkalium in kaltem, nicht in kochend heissem Wasser gelöst werden muss, weil es sonst beim Schütteln bei der Endiometerprobe einen Theil des durch Kochen ausgetriebenen Stickgases wieder aufnimmt, und dadurch die Absorption zu gross wird.

Im letzten Theile dieses Werkes werde ich übrigens unter dem Artikel *Eudiometer* noch die Anwendung des Platinschwammes als eudiometrisches Mittel beschreiben, so wie überhaupt daselbst noch einiges Nähere über die Ausführung solcher Versuche angeben.

Man hat lange, wiewohl ohne hinreichende Gründe, angenommen, dass die Atmosphäre 0,01 ihres Volumens Kohlensäuregas, enthalte. Diess ist bisweilen in solchen Räumen der Fall, wo Menschen oder Thiere leben, wo sich viele Lichter befinden, oder Kohle langsam verbrennt, wie in unseren Stubenöfen, wenn die Klappe des Zugrohres verschlossen ist; in freier Luft hingegen steigt dieser Kohlensäuregehalt, wie wir bereits sahen, nicht über 0,0004. Schon Dalton hatte bewiesen, dass die Luft nicht mehr als $\frac{1}{1400}$ ihres Volumens Kohlensäuregas enthält.

Man untersucht die Anwesenheit dieses Gases mittelst Kalkwassers, welches dadurch getrübt wird und kohlensauren Kalk absetzt. Allein diese Probe muss mit sehr grossen Mengen Luft gemacht werden, weil sonst das Volumen des verzehrten Kohlensäuregases kaum wahrnehmbar wird. Auch geschieht es wohl, dass das Kalkwasser, wenn es durch Kochen frisch bereitet wird, während des Versuchs die durch Kochen ausgetriebene Luft wieder aufnimmt, und man daher einen grössern Gehalt an Kohlensäure gefunden zu haben glaubt.

Wasser.

Ich habe schon oben erwähnt, dass das Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht, habe auch gezeigt, wie diese Bestandtheile von einander geschieden werden können. Hier wollen wir nun sehen, wie aus ihnen das Wasser wieder zusammengesetzt werden kann.

Ich halte es für überflüssig, alle die genauen Versuche zu beschreiben, die man angestellt hat, um das Wasser aus seinen Bestandtheilen zusammen zu setzen, und die relativen Mengen der letztern auszumitteln. Es reicht hin, zu bemerken, dass man Sauerstoff- und Wasserstoffgas in Apparaten verbrannte, wo man das Gewicht der Gasarten vor dem Verbrennen mit dem Gewichte des dadurch erhaltenen Wassers und des übrig gebliebenen Gases genau bestimmen konnte, und dass man jedesmal fand, dass das erhaltene Wasser eben so viel, als die verschwundenen Gase, wog. Bei den Versuchen, welche Fourcroy, Vauquelin und Sequin ziemlich im Grossen in der Absicht anstellten, um aus abgewogenen Mengen Gas wägbares Wasser hervorzubringen, und bei welchen mehrere Unzen Wasser durch's Verbrennen erzeugt wurden, glaubte man zu finden, dass das Wasser aus 85 Theilen Sauerstoff und 15 Theilen Wasserstoff bestehe. Seitdem aber durch genaue Versuche ausgemittelt worden ist, dass 2 Volumina Wasserstoffgas sich genau mit 1 Volumen Sauerstoffgas verbinden, und seitdem die relativen Gewichte beider Gase bestimmt worden sind, hat man gefunden, dass das Wasser aus 88,904 Gewichtstheilen Sauerstoff und 11,096 Gewichtstheilen Wasserstoff zusammengesetzt ist.

Ich habe schon beim Wasserstoff angeführt, dass das Wasser aus 1 Atom Sauerstoff und 2 Atomen Wasserstoff besteht. Sein Atom wiegt 112,479 und wird mit H̶ bezeichnet*).

Ausser der Wägung der Gase selbst, ist die beste Art, die genaue Zusammensetzung des Wassers bestimmt zu untersuchen, die, dass man in die Glaskugel d (Fig 13. Taf. II.)

*) Um Missverständnisse zu vermeiden, will ich bei dieser Gelegenheit bemerken, dass, wiewohl H^2 und Ḣ̶ vollkommen dieselbe

eine abgewogene Menge Kupferoxyd einlegt, dann reines und getrocknetes Wasserstoffgas durch die Kugel leitet, und, nach Austreibung der atmosph. Luft, das Kupferoxyd mittelst einer Spirituslampe erhitzt, wobei das Oxyd reducirt und Wasser gebildet wird. Man sammelt hierauf das Wasser und wägt es, so wie das zurückbleibende Kupfer, wo sodann das Uebergewicht, welches das Wasser mehr wiegt, als was das Kupferoxyd am Gewichte verloren hat, die relativen Quantitäten des zur Bildung des Wasser verwendeten Wasserstoffs und Sauerstoffs anzeigt. Diess stimmt auch mit den Resultaten überein, welche man durch die Bestimmung des specifischen Gewichts beider Gasarten erhält.

Bei dem Versuche, das Wasserstoffgas aus Wasserdämpfen zu gewinnen, die man durch glühenden Eisendrath leitet, hatte man ferner gefunden, dass man dabei ein Volumen Wasserstoffgas erhält, welches der Gewichtszunahme des Eisens durch den aufgenommenen Sauerstoff entsprach. Man hatte also sowohl durch Zusammensetzung, als durch Zerlegung des Wassers, übereinstimmende Resultate erhalten. Ich werde hier noch einen Versuch anführen, bei welchem die Erzeugung des Wassers durch Verbrennen des Sauerstoff- und Wasserstoffgases mittelst eines sehr einfachen Apparats bewerkstelligt werden kann, der aber freilich keine solche Genauigkeit zulässt, dass die Produkte gewogen werden könnten.

Man bereitet sich Sauerstoff- und Wasserstoffgas auf eine der vorher beschriebenen Weisen, und fängt diese Gase, jedes für sich, in solchen Gasbehältern auf, wie ich im letzten Th. unter diesem Artikel beschreiben werde. An das Ableitungsrohr dieser Behälter befestigt man, mittelst eines biegsamen Zwischenrohrs von Kautschuck eine Glasröhre, die so gebogen ist, wie Fig. 23. Taf. II. zeigt. Zugleich lässt

---

Bedeutung haben, so lange kein Zeichen, kein Punkt oder Komma, über dem H steht, das Verhältniss doch ganz anders wird, wenn letzteres der Fall ist; denn dann werden die darüber stehenden Zeichen ebenfalls von der Exponentenzahl multiplicirt. Es bedeutet daher $\dot{H}^2$ nicht ein Atom Wasser, soudern es bedeutet dasselbe wie $2\dot{H}$, oder 2 Atome einer Verbindung, die aus 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff besteht (Wasserstoffsuperoxyd). Dagegen haben CH^2 und CĦ vollkommen dieselbe Bedeutung.

man sich eine Glocke von Krystallglas blasen, die wie Fig. 24. gestaltet ist. Diese Glocke muss bei Anstellung des Versuches inwendig völlig trocken sein, und wird desshalb, um Wasser und Quecksilber gänzlich entbehren zu können, auf folgende Weise mit Sauerstoffgas gefüllt. Man stürzt nämlich die Glocke, wie in Fig. 25., um, und setzt in ihre, nach oben gekehrte, weitere Oeffnung, einen gut passenden Kork ein, in welchen man vorher zwei Löcher gemacht hat. Durch das eine dieser Löcher wird eine, bis zu dem Pfropfe der unteren Oeffnung der Glocke gehende Glasröhre eingesetzt, deren oberes (wie in der Figur) gekrümmtes Ende mittelst eines Rohres von Kautschuck in dem Ableitungsrohre des Sauerstoffgas-Behälters befestigt wird. Durch das andere Loch wird eine kurze Glasröhre gesteckt, die in der Glocke nicht aus dem Korke hervorsteht, sondern mit diesem sich endiget. Man lässt nun Sauerstoffgas, anfangs langsam, dann schneller in die Glocke einströmen; durch seine Schwere senkt es sich zu Boden und treibt die leichtere atmosphärische Luft oben zu der kurzen Röhre heraus, wie ich es bei der Darstellung des Chlorgases erwähnt habe. Aus dem, was ich über die Neigung der Gasarten, sich mit atmosphärischer Luft zu vermengen, angeführt habe, sieht man leicht ein, dass ein Theil des Sauerstoffgases sich mit der Luft mengen müsse, ehe diese oben heraus getrieben wird; allein man sieht leicht, ob die Glocke mit Sauerstoffgas angefüllt ist, wenn man der kurzen Röhre einen glimmenden Span nähert, der sich im Sauerstoffgase mit der gewöhnlichen Heftigkeit entzündet, sobald die Luft völlig ausgetrieben ist und das Sauerstoffgas zu entweichen anfängt. Gebraucht man die Vorsicht, etwas Sauerstoffgas ausströmen zu lassen, so wird die an Sauerstoffgas reichere atmosphärische Luft, welche sich über dem einströmenden reinen Sauerstoffgas bildete, zugleich mit ausgetrieben, und das Gas in der Glocke wird um so mehr von Stickgas befreit. — Nun werden die im Gasbehälter befestigten gekrümmten Glasröhren zusammen in ein, zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Glas gestellt, wie Fig. 23. zeigt. Der Wasserstoffgas-Behälter wird nun geöffnet, und das herausströmende Gas angezündet, wobei man mittelst des Hahns das Ausströmen so zu leiten sucht, dass die Flamme nicht zu gross wird. Hierauf wird der Kork

aus der mit Sauerstoffgas gefüllten Glasglocke herausgenommen und diese schnell über die Röhre gestürzt, so dass das offene Ende der Glocke in das Quecksilber zu stehen kommt. Dabei wird zugleich der Hahn des Sauerstoffgas-Behälters geöffnet, jedoch mit der Vorsicht, dass nur ½ so viel Sauerstoffgas als Wasserstoffgas in die Glocke ströme, weil sich ausserdem diese mit mehr Sauerstoffgas anfüllt, als der Wasserstoff zu verzehren vermag, das Quecksilber niedergedrückt wird und die Gase durch die Oeffnung herausdringen. Das Wasser, welches sich bildet, wird von der Glocke abgekühlt, setzt sich an den Wänden derselben in Dampfgestalt an, fliesst endlich in Tropfen herunter und sammelt sich in der Vertiefung der Glocke bei b Fig. 24. Je langsamer der Versuch von statten geht, desto weniger wird die Glocke erhitzt, und desto vollkommener glückt derselbe.

Das Wasser, welches man dabei erhält, schmeckt gewöhnlich säuerlich und enthält ein wenig Salpetersäure. Diess rührt von Stickgas her, welches sowohl dem Wasserstoffgase als dem Sauerstoffgase beigemengt sein kann, und welches durch die Flamme des Wasserstoffgases mit erhitzt und durch das Verbrennen in Salpetersäure verwandelt wird. Durch grosse Sorgfalt bei der Bereitung des Sauerstoffgases und beim Füllen der Glocke kann man es indessen dahin bringen, völlig reines und von Salpetersäure freies Wasser zu erhalten. Bleibt dagegen beim Anfange des Versuches atmosphärische Luft, statt reinen Sauerstoffgases, in der Glocke zurück, so kann der Gehalt an Salpetersäure ziemlich bedeutend werden.

Die Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers gehört dem Engländer Cavendish an, und ist noch kein halbes Jahrhundert alt. Sie wurde von den französischen Chemikern bestätiget und genauer bestimmt, fand aber dennoch ihre hartnäckigen Widersacher. Man glaubte nämlich gefunden zu haben, dass Wasser, welches auf glühende Metalle getropft oder durch glühende Thonröhren geleitet werde, sich zum Theil in Stickgas verwandele. Allein von Hauch bewies, dass dieses Stickgas von der umgebenden atmosphärischen Luft herrühre, und dass man keines erhalte, wenn man Apparate von Metall anwendet und die aus porösen Körpern, wie Thon oder Steingut, vermeidet. Eben so glaubte

man gefunden zu haben, dass Wasser, theils durch Reiben im Mörser, theils durch Kochen in Glasgefässen, in Erde verwandelt werden könne; allein im ersten Falle entstand die Erde durch Abnutzung des Mörsers, im letztern durch Auflösung des Glases. Lavoisier digerirte 14 Wochen lang Wasser bei + 85° in einem verschlossenen Glasgefässe, und fand, dass das Glas eben so viel am Gewichte verloren habe, als die mit dem Wasser gemengte Erde, mit den bei Verdunstung des Wassers zurückgebliebenen Stoffen zusammen genommen, am Gewichte betrug.

Bei der Mitteltemperatur unserer Atmosphäre bleibt das Wasser stets flüssig; sinkt aber die Temperatur bis unter 0°, so nimmt es feste Gestalt an und verwandelt sich in Eis. Das Eis ist also Wasser in fester Gestalt und unterscheidet sich vom flüssigen Wasser eben so, wie sich ein Stück fester Schwefel von geschmolzenem Schwefel unterscheidet. Ich habe schon angeführt, dass ein nicht unbedeutender Theil der festen Oberfläche des Erdkörpers aus Wasser in fester Gestalt, oder Eis, bestehe, und dass man es nur auf denjenigen Theilen der Erdoberfläche flüssig findet, welche von den Sonnenstrahlen erwärmt werden können.

Wenn das Wasser erstarrt, so nimmt es, wie die meisten übrigen Körper, Krystallgestalt an, wie im Winter die gefrorenen Fenster deutlich beweisen. Betrachtet man Wasser, welches in einem dünnen Glase bei mässiger Kälte langsam zu frieren anfängt, so sieht man erst ein dünnes Eisblatt auf der Oberfläche, dann aber Eisnadeln entstehen, die unter bestimmten Winkeln von 60° und 120° hervor schiessen; an diese setzen sich neue, an diese wieder andere an u. s. f., bis endlich die ganze Masse erstarrt ist. Diese Krystalle zeigen, wie die Krystalle anderer Körper, mancherlei Gestalten, welche theils von der Heftigkeit der Kälte und der Schnelligkeit ihrer Bildung, theils von den verschiedenen Graden der Ruhe beim Frieren und dergleichen Umständen mehr abhängen. So findet man das Wasser bald in langen geraden Nadeln krystallisirt, bald in federartigen Krystallen, bald in glänzenden schuppenähnlichen Blättchen, welche vielseitige Zwischenräume zwischen sich lassen u. s. w. Nur selten hat man indess ausgebildete Eiskrystalle beobachtet. Clarke fand an einer Stelle, wo der feine

Nebel eines Wasserfalles, bei einer lange anhaltenden Temperatur von — 0°,5, Eiszapfen an einem überhängenden Brückenbogen gebildet hatte, rhomboëdrische Krystalle mit Winkeln von 60° und 120°. Oefter hat man reguläre sechsseitige Prismen gefunden, aber fast nie mit Endspitzen, und **Smithson** giebt an, Eiskrystalle gefunden zu haben in Form doppelsechsseitiger Pyramiden, an denen die beiden Zuspitzungen Winkel von 80° mit einander bildeten. Alle diese Formen gehören der rhomboëdrischen Grundform an.

Bei völliger Ruhe wird ein weit niedrigerer Wärmegrad, als der Frostpunkt, zur Versetzung des Wassers in die feste Gestalt erfordert, und ich habe schon oben erwähnt, dass es bei völliger Ruhe mehrere Grade unter 0° seine flüssige Gestalt beibehalten kann, und erst dann erstarrt, wenn man es umschüttelt. Im luftleeren Raume gefriert das Wasser niemals eher, als bis es fast bis — 5° erkaltet ist, erwärmt sich aber im Augenblicke der Erstarrung wieder bis zu 0°.

Das Eis macht die weniger gewöhnliche Ausnahme vom Verhalten zwischen dem flüssigen und festen Zustande, dass es leichter, und folglich dem Volumen nach grösser ist, als ein gleiches Gewicht flüssigen Wassers. Sein spec. Gewicht ist 0,916, und bisweilen noch geringer. Die Ursache dieser Ausdehnung des gefrornen Wassers ist uns unbekannt; sie fängt schon vier Grad über dem Gefrierpunkte an, und nimmt allmählig zu, bis das Wasser gefriert, wo es sich auf einmal sehr bedeutend ausdehnt. Ein Theil dieser Ausdehnung rührt von einer zufälligen Ursache her, welche das specifische Gewicht des Eises geringer macht, als es sonst sein würde. Diese Ursache ist, dass das Wasser eine bestimmte Menge Luft enthält, welche keine feste Gestalt annehmen kann, sondern während des Gefrierens in unendlich feinen Luftbläschen ausgesondert wird, die das Eis undurchsichtig machen und dem blossen Auge deutlich sichtbar sind. Man hat versucht, das Wasser durch Kochen oder unter der Luftpumpe von dieser Luft zu befreien, dessen ungeachtet aber das Eis immer blasig gefunden. Indessen kann man, wenn man destillirtes Wasser in einem kleinen Glaskolben

lange kocht, so dass die Luft aus dem oberen Theile des Kolbens ausgetrieben und durch Wassergas ersetzt wird, dann aber den Kolben während des Kochens luftdicht verkorkt, nachher durch Gefrieren dieses Wassers eine völlig luftfreie und durchsichtige Eismasse erhalten, in welcher sich das Eis vom Wasser nur durch die Zurückwerfung des Lichtes, von den Krystallflächen des Eises, unterscheiden lässt. Allein selbst dieses Eis ist leichter, als Wasser. Die Ausdehnung des Eises geschieht mit solcher Kraft, dass eine kupferne Kugel, wenn man sie voll Wasser füllt und stark zupfropft, beim Gefrieren des Wassers zerspringt.

Wasser, welches andere Stoffe, z. B. Salze, Säuren, Alkohol u. dgl. mehr, enthält, gefriert, mit wenigen Ausnahmen, schwieriger, und das zwar um so mehr, je mehr es von diesen Beimischungen enthält. Wenn ein Theil einer solchen Auflösung gefriert, so gefriert gewöhnlich fast nur das Wasser und die rückständige Auflösung ist dann um so viel mehr concentrirt. Daher pflegt man auf diese Weise z. B. Essig und Citronensaft zu concentriren.

Das Eis ist wärmeleitend für alle Wärmegrade unter 0°, wiewohl es die Wärme sehr schlecht leitet. Ueber den Frostpunkt hinaus saugt es die Wärme ein und verwandelt sich dadurch in Wasser. Durch Reiben kann es elektrisch werden und ist sonach ein Nichtleiter für die Elektricität. — Wenn das Eis aufthaut, erhalten sich die regelmässigsten Krystalle, nebst den zuerst gebildeten Nadeln, länger, als das übrige, minder regelmässig angeschossene. Beim Schmelzen zu Wasser von 0° Temperatur bindet es eben so viel Wärme, als zur Erwärmung einer gleichen Menge eiskalten Wassers bis + 75° erforderlich sein würde.

Das Wasser in flüssiger Gestalt ist, wie alle Flüssigkeiten, wenig elastisch, und lässt sich so unmerklich wenig zusammendrücken, dass man es für unmöglich gehalten hat, es in ein engeres Volumen zu zwängen. Der Druck einer ganzen Atmosphäre vermindert seinen ganzen Umfang kaum um 0,000045, allein durch seine eigene Schwere wird es dennoch in Seen und im Meere so zusammengedrückt, dass dessen Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Boden zu immer mehr zunimmt. Die Zusammendrückung des Wassers war lange Zeit schwer zu bestimmen, weil die Gefässe,

worin diess geschah, durch den Druck ausgedehnt werden konnten, bis Perkins darauf kam, den Apparat, worin die Zusammendrückbarkeit des Wassers bestimmt werden sollte, mit gleich stark comprimirtem Wasser zu umgeben. Dieser Apparat ist dann von Oersted so vereinfacht worden, dass der Versuch nun zu denjenigen gehört, welche mit der grössten Leichtigkeit in einer Vorlesung gezeigt werden können. Sein specifisches Gewicht wird zu 1,000 angenommen und dient zum Maassstabe für die specifischen Gewichte aller anderen Materien. Reines Wasser hat weder Farbe, Geruch, noch Geschmack und ist an und für sich völlig unveränderlich.

Das Wasser wird durch den Wärmestoff ausgedehnt, wie alle anderen Körper; allein diese Ausdehnung unterscheidet sich auf eine merkwürdige Weise von der Ausdehnung anderer Materien. Sie ist sehr gering und macht von 0° bis + 100° nur 0,012 vom Volumen des Wassers aus. — Dabei ist die Dichtigkeit des Wassers nicht bei 0° am grössten, sondern tritt erst bei + 4°,1 über dem Gefrierpunkte ein; von diesem Punkte an dehnt es sich beständig aus, sowohl beim Abkühlen, als bei der Erwärmung, so dass es bei 0° genau dasselbe Volumen, wie bei + 9° einnimmt. Dieser Umstand lässt sich durch einen sehr einfachen Versuch darthun. Man stellt nämlich in ein Glas mit Wasser von + 0° zwei Thermometer, so dass die Kugel des einen ein Stückchen über der andern steht. So wie nun das Wasser erwärmt wird, steigt das Thermometer, dessen Kugel zu unterst steht, weil das wärmere Wasser in dem kältern niedersinkt. Ist das unterste bis zu + 4°,1 gekommen, so steigt es nicht; allmählig aber steigt das obere bis zu + 4°,1, und beide stehen nunmehr gleich. Hat diess einige Augenblicke gedauert, so steigt das obere in weit schnellerem Verhältnisse, als das untere, weil nunmehr das erwärmte Wasser auf dem kälteren schwimmt. Indess kann der angeführte Versuch nie so scharf werden, dass er mehr als eine Approximation zu dem richtigen Thermometerstande gebe, und viele Physiker haben auf verschiedene Arten hierüber Untersuchungen angestellt, deren Ausschlag zwischen 3 und 5 Grad variirte. Die ausführlichste Untersuchung hierüber wurde von Hällström in Åbo angestellt, und diese gab, bei Beobachtung und Cor-

rection aller Umstände, die irre führen konnten, die oben angeführte Gradzahl + 4°,1.

Das Wasser bricht gleichwohl in diesem Zustande der höchsten Dichtigkeit das Licht nicht stärker, als bei niedrigeren Graden. Arago und Fresnel haben beobachtet, dass das Brechungsvermögen desselben bis zum Gefrierpunkte beständig zunimmt, ganz so, als ob das Wasser bis zu seinem Erstarren sich fortdauernd zusammenzöge.

Diese in ihrer Art einzige Ausnahme von den, für die Einwirkung der Wärme auf liquide Körper, bestehenden Gesetzen verdient um so mehr grosse Aufmerksamkeit, weil, wenn sich diess nicht so verhielte, ein grosser Theil der kälteren Zonen unseres Erdballs unbewohnt bleiben würde. Das Wasser würde nämlich im Winter ziemlich bald, selbst in den grössten Seen, bis 0° und darunter abgekühlt werden, und seiner ganzen Masse nach auf einmal erstarren, alle Fische würden sterben, die übrigen Klassen der lebenden Wesen aber Mangel an flüssigem Wasser leiden und die Sommer kaum hinreichen, diese ungeheueren Eismassen wieder zu schmelzen. So aber sinkt das Wasser, sobald es bis zu + 4°,1 abgekühlt ist, in den Seen zu Boden, und wenn endlich der ganze See diese Temperatur angenommen hat, so kann nur die Oberfläche desselben noch unter diese Temperatur hinab abgekühlt werden, weil nun das kältere Wasser leichter, als das warme, ist, und weil das Wasser, wie alle tropfbaren Flüssigkeiten, die Wärme sehr langsam leitet. Der Grund der Seen behält daher die Temperatur von + 4°,1, und das Wasser, welches aus ihnen ausfliesst, ist stets 3 bis 4° über den Eispunkt erwärmt, behält auch diese Temperatur auf dem Boden der Flüsse, so dass selbst in unseren kältesten Wintern Ströme und grosse Bäche selten bis zum Boden ausfrieren.

Im Meere hingegen, wo das Wasser sehr viel Salz aufgelöst enthält, tritt, nach Marcet's Versuchen, diese Abweichung nicht ein. Das salzige Meerwasser ist bei + 4°,1 nicht am dichtesten, und hat keinen entsprechenden dichteren Punkt, sondern es zieht sich beständig zusammen, bis es gefriert, und auch dann erstarrt nur salzfreies Wasser, das Salz aber bildet mit dem ungefrorenen Wasser eine um so mehr concentrirte und schwerere Flüssigkeit; daher auch auf

dem Meere nur die Oberfläche des Wassers zu Eis gefrieren kann.

Erman d. J. hat gezeigt, dass die Gegenwart von Kochsalz in dem Wasser den Punkt des Minimums von Dichtigkeit erniedrigt, bis er bei einem Salzgehalte, der 1,20 spec. Gew. der Auflösung erreicht, ganz verschwunden ist.

Hällström hat folgende Tabellen über die Volumen-Veränderungen des Wassers nach verschiedenen Wärmegraden, bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft, gegeben, wobei er, durch Anwendung des Probabilitäts-Calculs, bestimmte, dass die Unsicherheiten in den angegebenen Gewichten 0,0000035 betragen, und folglich nur die zwei letzten Decimalzahlen betreffen.

Tabelle über das spec. Gewicht und das Volumen des Wassers von 0° bis 30° Temperatur.

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volumen.
0°	1,	1,
1	1,0000466	0,9999536
2	1,0000799	0,9999202
3	1,0001004	0,9998996
4	1,00010817	0,9998918
4,1	1,00010824	0,99989177
5	1,0001032	0,9998968
6	1,0000856	0,9999144
7	1,0000555	0,9999445
8	1,0000129	0,9999872
9	0,9999579	1,0000421
10	0,9998906	1,0001094
11	0,9998112	1,0001888
12	0,9997196	1,0002804
13	0,9996160	1,0003841
14	0,9995005	1,0004997
15	0,9993731	1,0006273
16	0,9992340	1,0007666
17	0,9990832	1,0009176
18	0,9989207	1,0010805
19	0,9987468	1,0012548
20	0,9985615	1,0014406

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volumen.
21	0,9983648	1,0016379
22	0,9981569	1,0018465
23	0,9979379	1,0020664
24	0,9977077	1,0022976
25	0,9974666	1,0025398
26	0,9972146	1,0027932
27	0,9969518	1,0030575
28	0,9966783	1,0033327
29	0,9963941	1,0036189
30	0,9960993	1,0039160

Tabelle über das spec. Gewicht und das Volumen des Wassers, = 1 genommen bei der Temperatur der grössten Dichtigkeit, = + 4°, 1 C.

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volumen.
0°	0,9998918	1,0001082
1	0,9999382	1,0000617
2	0,9999717	1,0000281
3	0,9999920	1,0000078
4	0,9999995	1,0000002
4,1	1,	1,
5	0,9999950	1,0000050
6	0,9999772	1,0000226
7	0,9999472	1,0000527
8	0,9999044	1,0000954
9	0,9998497	1,0001501
10	0,9997825	1,0002200
11	0,9997030	1,0002970
12	0,9996117	1,0003888
13	0,9995080	1,0004924
14	0,9993922	1,0006081
15	0,9992647	1,0007357
16	0,9991260	1,0008747
17	0,9989752	1,0010259
18	0,9988125	1,0011888
19	0,9986387	1,0013631
20	0,9984534	1,0015490
21	0,9982570	1,0017560

Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Volumen.
22	0,9980489	1,0019549
23	0,9978300	1,0021746
24	0,9976000	1,0024058
25	0,9973587	1,0026483
26	0,9971070	1,0029016
27	0,9968439	1,0031662
28	0,9965704	1,0034414
29	0,9962864	1,0037274
30	0,9959917	1,0040245

Von + 4°,1 an dehnt es sich sodann allmählig aus, bis sein Volumen bei + 100° am grössten ist. Dann kommt das Wasser in's Kochen und wird in Gas verwandelt. Einige Augenblicke zuvor, ehe es zu kochen anfängt, hört man gewöhnlich einen tönenden Laut. Diess rührt daher, dass die Blasen von Wassergas, welche sich auf dem Boden bilden, während des Aufsteigens sich abkühlen und verdichten, wodurch ein leerer Raum entsteht, welcher von Wasser ausgefüllt wird und diesen Ton verursacht. Sobald die ganze Wassermasse die Temperatur von + 100° angenommen hat, steigen die Dämpfe unverändert empor, der Ton verschwindet und es entsteht das gewöhnliche Geräusch des Kochens. Da der Kochpunkt des Wassers bei + 100 Thermometergraden eigentlich genau für die Barometerhöhe von 336 Pariser Linien gilt, so ist zu bemerken, dass für jede Linie, die das Barometer zwischen 342 und 320 Linien steigt oder fällt, der Kochpunkt sich auch um $\frac{84}{1000}$ eines Grades erhöht oder erniedrigt. Um das Wasser vom Kochpunkte an in Gasgestalt zu verwandeln, wird nach Despretz's Versuchen, eben so viel Wärme erfordert, als um die Temperatur des Wassers von + 100° bis + 531° zu erhöhen. (Watt giebt es zu 524, Ure zu 537, und Clement und Desormes zu 550 an.) Nach Gay-Lussac nimmt ein gewisses Volumen Wasser, wenn es in Wassergas verwandelt wird, bei 76 Centimeter Barometerhöhe und + 100° Temperatur, einen 1696,4mal so grossen Raum ein, als vorher in tropfbarflüssiger Gestalt.

Das

Das Wassergas behält seine Gasgestalt, vom Kochpunkte an, bei allen höheren Graden in freier Luft, und wenn es nicht zusammengedrückt wird, beständig bei. Das Volumen des Wassergases vermehrt sich bei Zunahme der Wärmegrade, auf dieselbe Weise, wie es mit anderen Gasarten der Fall ist. Auf dieser Eigenschaft des Wassergases beruht die Wirkung der Dampfmaschinen. In seinem reinen Zustande hat es folgende Eigenschaften: Es ist ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Es ist leichter als die Luft. Sein spec. Gewicht ist schwer durch Wägung auszumitteln; aber Gay-Lussac hat gezeigt, dass von 2 Volumen Wasserstoffgas und einem Volumen Sauerstoffgas 2 Volumen Wassergas gebildet werden, woraus folgt, dass dessen specifisches Gewicht 0,6201 ist. Seine eigenthümliche Wärme ist 0,96; mit einem gleichen Gewichte Luft verglichen 3,136 und mit einem gleichen Gewichte flüssigen Wassers 0,8407. Diese letztere Vergleichung zeigt an, dass die Wärme, welche erfordert wird, um die Temperatur des flüssigen Wassers um eine Anzahl Wärmegrade, z. B. 10 Grade, zu erhöhen, sich verhält zu der Wärme, welche erfordert wird, um die Temperatur eines gleichen Gewichts von Wassergas um dieselbe Anzahl Grade zu erhöhen, wie 1,0000:0,8407.

Wird das Wassergas unter + 100° abgekühlt, so verdichtet es sich wieder zu flüssigem Wasser. Geschieht diese Abkühlung in der Luft, so geht das Gas in den Mittelzustand über, in welchem wir es Dampf oder Dunst nennen (S. 51.) und bildet eine mit den Wolken gleichartige Zusammenhäufung von Wasser in seiner feinsten mechanischen Vertheilung. Das niedergeschlagene Wasser nimmt aber dabei nicht die Gestalt von Tropfen, sondern von kleinen, unendlich feinen Bläschen an. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man mit einem Mikroskop von 1½ bis 2 Zoll Brennweite die Wasserdämpfe betrachtet, welche sich über einer etwas erhitzten dunklen Flüssigkeit, z. B. Kaffee oder Dinte, bilden; man sieht hier diese kleinen Bläschen sich nach mehreren Richtungen bewegen, nämlich nach den Luftströmen, welche durch die Erwärmung der Oberfläche der Flüssigkeit entstehen. Dasselbe kann man in den Wolken auf hohen Bergen, oder an einem nebligen Tage beobachten, wenn man mit einem

ähnlichen Mikroskope nach einem dunklen Körper, z. B. dem Boden einer schwarzen Dose, hin sieht. Hier und da sieht man zugleich einen wirklichen kleinen Tropfen durch den Brennpunkt des Vergrösserungsglases gehen, wodurch man in den Stand gesetzt wird, jene Bläschen damit zu vergleichen. Sie sind von verschiedener Grösse; nach Saussure's Messungen beträgt der Durchmesser der kleinsten $\frac{1}{4500}$ Zoll, bei den grössten aber $\frac{1}{2780}$ Zoll. — Wenn die Bläschen an einander stossen, so zerspringen sie und bilden einen kleinen Tropfen. — Geschieht die Abkühlung des Wassergases auf einer kalten Flüssigkeit oder auf einem festen Körper, so entseht kein Dampf, sondern das Wasser setzt sich darauf gleich in völlig flüssiger Gestalt ab.

Was ich hier von der Verdichtung des Wassergases und von der Bildung der Wasserdämpfe gesagt habe, gilt auch für alle andere, durch Kochen verflüchtigte Flüssigkeiten, die sich in der Luft oder auf kälteren Körpern verdichten.

Verdunstung. Luftfeuchtigkeit. Lässt man Wasser in offener Luft stehen, so verliert es nach und nach am Gewichte und trocknet zuletzt ganz ein. Diess nennt man Verdunstung; sie geht um so schneller von statten, je höher die Temperatur ist, je grössere Oberfläche das Wasser hat, und je schneller die Luft darüber wechselt.

Man hat darüber gestritten, ob das Wasser hierbei von der Luft aufgelöst werde, wie ein Salz im Wasser, oder ob es in ein Gas verwandelt werde, welches nicht von der Luft, sondern bloss von der Temperatur herrühren würde. — Die letztere Meinung ist durch genaue Versuche bestätiget worden. Man hat nämlich Wasser in den luftleeren Raum des Barometers eingeschlossen, und hat gefunden, dass dasselbe hier eben so gut, als in freier Luft, Gasgestalt annimmt, und dass bei gleichem Thermometergrade eine gleich grosse Menge Wasser in Dämpfe verwandelt wird, als wenn die Luft zugleich Zutritt hat. Auch sind wir durch diesen Versuch belehrt worden, dass unsere Erde, sie möchte nun von atmosphärischer Luft umgeben sein oder nicht, dennoch eine Atmosphäre von Wassergas um sich haben würde, deren Quantität von der Temperatur abhängen, und bei glei-

chen Temperaturen, mit oder ohne Luft, immer gleich gross sein würde.

Diess beweist sonach, dass die chemische Verwandtschaft der Luft zum Wasser dessen Verdunstung nicht vermehrt, und das um so mehr, als alle Gasarten bei gleichen Temperaturen gleiche Wassermengen aufnehmen. Auf der andern Seite scheint damit im Widerspruche zu stehen, dass die Verdunstung des Wassers durch Luftwechsel oder Wind vermehrt wird, und dass das Wasser dabei so viel Wärme bindet, dass dessen verdunstende Oberfläche abgekühlt wird. Dieser Widerspruch ist indessen nur scheinbar, denn der Luftwechsel erleichtert die Verdunstung nur in so weit, als er das über der Wasserfläche stehende Wassergas fortführt. Wenn man sich eine verdunstende Wasserfläche vorstellt, findet man, dass sich in der nächsten obern Luftschicht eine Lage von Wassergas bilden muss, welche auf ihr ruht, und von dem neu hinzukommenden Gase gehoben werden, dadurch aber die Verdunstung immer langsamer fortschreiten muss, je dicker diese Lage von Wassergas wird. Das Wassergas wirkt hier der Verdunstung theils durch seine Schwere entgegen, theils durch seine Trägheit (*vis inertiae*, oder den Widerstand, den ein jeder ruhende Körper gegen denjenigen ausübt, welcher ihn in Bewegung setzen will). Die Luft ist demnach mehr ein Hinderniss der Verdunstung, als ein Beförderungsmittel derselben, weil sie den Raum einnimmt, in welchem sich das Wassergas ausbreiten würde. Daher geht die Verdunstung auf hohen Bergen, in einer dünneren Luft, weit schneller von statten, wo das Wassergas mehr Raum zu seiner Ausbreitung hat; im Allgemeinen vermehrt sich die Verdunstung in dem nämlichen Verhältnisse, wie der Druck der Luft abnimmt, so dass sie, nach Daniell, bei dem halben Drucke verdoppelt ist, und im luftleeren Raume verbreitet sich das Verdunstende mit der Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kanonenkugel.

Ueberdiess muss die Verdunstung die verdunstende Oberfläche abkühlen, ungeachtet das Aufsteigen des Wassers in Gasgestalt nur durch die Wärme dieser Oberfläche bestimmt wird. Denn wenn eine Wasserfläche z. B. bei + 15° in trockener Luft (d. h. in solcher, welche nicht vorher schon Wassergas enthielt) verdunstet, so steigt das erste Gas mit

der Tension*) des Wassers auf, welche das letztere bei + 15° besitzt. Das Wasser muss aber, um sich in Gas zu verwandeln, Wärme binden, und dadurch die Fläche, von welcher es in Gasgestalt aufsteigt, abkühlen. Hätte diese Abkühlung ½ Grad betragen, so behielte das zurückgebliebene Wasser + 14½ Grad und verdunstete nun mit der ihm bei diesem Wärmegrade zukommenden Tension. Wenn nun zugleich das neugebildete Wassergas entfernt wird, so geschieht die Verdunstung um so viel schneller, und die Abkühlung wird verhältnissmässig desto stärker, weil die verlorene Wärme des Wassers nicht mit gleicher Schnelligkeit von der Luft und den benachbarten Körpern hinlänglich ersetzt wird. Dadurch kann das Wasser bei niedrigen Wärmegraden in trockener Luft bis zum Gefrieren abgekühlt werden, und Aether, Schwefelkohlenstoff und andere sehr flüchtige Körper können aus ganz gleichem Grunde bei der Sommer-Temperatur der Luft, durch Verdunstung auf die angegebene Weise, einen noch weit höheren Kältegrad hervorbringen. Jede verdunstende Oberfläche muss daher eine niedrigere Temperatur, als die benachbarten Körper, haben, und das um so viel mehr, je schneller die Verdunstung vor sich geht, und je weniger die Wärme von den Umgebungen vollständig ersetzt wird.

Aus allem diesen ergiebt sich, dass der Wassergehalt der Atmosphäre nicht von dem Lösungsvermögen der Luft herzuleiten sei, sondern dass das in derselben enthaltene Wasser ein wahres Wassergas ist, welches, unabhängig von ihr, bei unveränderlicher Temperatur, bis zu einer unveränderlichen Menge den Erdkreis umgeben würde. — Weil ich hier von Gas rede, muss ich nochmals an den Unterschied zwischen Gas und Dunst oder Dampf erinnern, dass nämlich der letztere ein in der Luft niedergeschlagenes Gas ist, in welchem der, aus der Gasgestalt versetzte Stoff sich noch in der feinsten mechanischen Zertheilung, in Gestalt eines unklaren Rauches, schwebend erhält; — vor allen Dingen aber darf man nicht das unbeständige Gas mit dem Dampfe

*) Hierunter versteht man den Grad des Strebens flüchtiger Körper nach Gasgestalt, wovon weiter unten die Rede sein wird.

verwechseln, obschon manche Schriftsteller unrichtiger Weise beide als gleichbedeutend betrachten.

Das Wassergas hat auch die allen Gasarten gemeinschaftliche Neigung, sich stets mit anderen Luftarten zu vermischen; daher breitet es sich überall in der Luft aus, so dass der Druck der Atmosphäre der Verdunstung des Wassers nur in sofern hinderlich ist, als er die Ausbreitung des Wassergases erschwert. Ueberhaupt kann die Verdunstung keinesweges durch den Druck irgend einer anderen Gasart verhindert werden, als durch das Wassergas selbst, oder überhaupt durch dasjenige Gas, welches durch die Verdunstung selbst erst neu gebildet wird. Desshalb geht die Verdunstung desto schneller vor sich, je weniger Wassergas in der Luft enthalten ist, und hört so gut wie ganz auf, wenn diese so viel Gas aufgenommen hat, als sich bei der Temperatur der verdunstenden Oberfläche darin erhalten kann.

Alles, was ich hier vom Wasser gesagt habe, gilt auch von allen andern flüchtigen Körpern, z. B. Aether, Alkohol, Schwefel, Phosphor, Schwefelsäure, Quecksilber u. dergl. m., obgleich die Verdunstung bei den letztern, weniger flüchtigen Körpern so wenig bedeutend ist, dass sie bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft für 0 angesehen werden kann.

Wenn Wasser oder irgend eine andere flüchtige Flüssigkeit verdunstet, und das Gas davon mit der Luft sich vermengt, so wird die ganze Masse der Luft dadurch um so viel schwerer, als die zugetretene unbeständige Gasart mehr, als die Luft für sich, wiegt, und folglich muss dieselbe auch eine um so viel höhere Quecksilbersäule tragen. Man kann sich hiervon leicht durch einen ganz einfachen Versuch überzeugen. Man biege nämlich eine Glasröhre, von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll innerem Durchmesser, in Gestalt eines Hebers, und schmelze den einen Schenkel derselben am Ende zu. In den offenen Schenkel giesse man dann so viel Quecksilber, dass es etwas über die Hälfte des Schenkels zu stehen kommt, lasse dann durch Neigung des Hebers aus dem andern verschlossenen Schenkel derselben so viel Luft heraus, dass das Quecksilber in beiden Schenkeln in gleicher Höhe steht, wenn man den Heber aufrecht stellt. Ist diess geschehen, so befestige man den Heber in dieser Stellung. Hierauf binde man an das

Ende eines geglühten und weichen Eisendraths ein kleines Stück feinen Waschschwamm fest, welches man mit irgend einer flüchtigen Flüssigkeit, als Wasser, Alkohol oder Aether, angefeuchtet hat, und führe diesen Schwamm durch das Quecksilber hindurch in den verschlossenen Schenkel, wo man ihn einige Augenblicke lässt. Hier verdunstet nun die Flüssigkeit so lange, bis so viel von diesem Gase, als bei der bestehenden Temperatur sich erhalten kann, die Gasgestalt angenommen hat. Wenn man hierauf den Drath nebst dem Schwamme wieder heraus nimmt, bemerkt man, dass das Quecksilber im offenen Schenkel höher als im anderen Schenkel steht. Beim Wasser beträgt dieser höhere Stand in der gewöhnlichen Luft-Temperatur nicht mehr als eine oder ein paar Linien, beim Alkohol aber mehr, und beim Aether sogar einige Zolle.

Stellt man den Versuch auf die Art an, dass man mehrere Barometerröhren mit Quecksilber füllt und sie dann umgekehrt in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss neben einander stellt, so wird man (wenn von diesen Röhren, vor der Füllung mit Quecksilber, die eine völlig rein und ausgetrocknet gewesen, die zweite aber mit Wasser, die dritte mit Alkohol und die vierte mit Aether angefeuchtet worden ist) finden, dass das Quecksilber in allen diesen Röhren eine ungleiche Höhe einnimmt, und dass es hier bei derjenigen Flüssigkeit am niedrigsten steht, bei welcher es im vorigen Versuche den höchsten Stand einnahm. In beiden Fällen aber wirkt einerlei Ursache; im ersteren nämlich hebt die Schwere des unbeständigen Gases eine Quecksilbersäule bis zu einer gewissen Höhe; im letztern Falle hingegen ersetzt die Schwere des unbeständigen Gases eine gleich hohe Quecksilbersäule, um der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten.

Man bedient sich der Höhe der Quecksilbersäule als eines Maasses für die Neigung flüchtiger Flüssigkeiten, Gasgestalt anzunehmen, und nennt diese Neigung deren **Expansionskraft** oder **Tension**; so sagt man z. B., die Tension des Wassers betrage bei + 15° Temperatur $\frac{1}{2}$ Zoll, oder genauer 12,837 Millimeter, weil das Wassergas bei dieser Temperatur eine Quecksilbersäule von dieser Höhe tragen kann. Folgende (aus **Biot's** *Traité de Physique experi-*

mentale et mathematique, *T. I. S.* 531. entlehnte) Tabelle zeigt die

Tension des Wassers in Millimetern für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers.

Grade.	Tension.	Grade.	Tension.	Grade.	Tension.
— 20	1,333	+ 13	11,378	+ 46	72,393
— 19	1,429	14	12,087	47	76,205
— 18	1,531	15	12,837	48	80,195
— 17	1,638	16	13,630	49	84,370
— 16	1,755	17	14,468	50	88,742
— 15	1,879	18	15,353	51	93,301
— 14	2,011	19	16,288	52	98,075
— 13	2,152	20	17,314	53	103,06
— 12	2,302	21	18,317	54	108,27
— 11	2,461	22	19,417	55	113,71
— 10	2,631	23	20,577	56	119,39
— 9	2,812	24	21,805	57	125,31
— 8	3,005	25	23,090	58	131,50
— 7	3,210	26	24,452	59	137,94
— 6	3,428	27	25,881	60	144,66
— 5	3,660	28	27,390	61	151,70
— 4	3,907	29	29,045	62	158,96
— 3	4,170	30	30,643	63	166,56
— 2	4,448	31	32,410	64	174,47
— 1	4,745	32	34,261	65	182,71
0	5,059	33	36,188	66	191,27
+ 1	5,393	34	38,254	67	200,18
2	5,748	35	40,404	68	209,44
3	6,123	36	42,743	69	219,06
4	6,523	37	45,038	70	229,07
5	6,947	38	44,579	71	239,45
6	7,396	39	50,147	72	250,23
7	7,871	40	52,998	73	261,43
8	8,375	41	55,772	74	273,03
9	8,909	42	58,792	75	285,07
10	9,475	43	61,958	76	297,57
11	10,074	44	65,627	77	310,49
12	10,707	45	68,751	78	323,89

Grade.	Tension.	Grade.	Tension.	Grade.	Tension.
+ 79	337,76	+ 97	682,59	+ 115	1247,81
80	352,08	98	707,63	116	1286,51
81	367,00	99	733,46	117	1325,98
82	382,38	100	760,00	118	1366,22
83	398,28	101	787,27	119	1407,24
84	414,73	102	815,26	120	1448,88
85	431,71	103	843,98	121	1491,58
86	449,26	104	873,44	122	1534,89
87	467,38	105	903,64	123	1578,96
88	486,09	106	934,81	124	1623,67
89	505,38	107	966,31	125	1669,31
90	525,28	108	994,79	126	1715,58
91	545,80	109	1032,04	127	1762,56
92	566,95	110	1066,06	128	1810,25
93	588,74	111	1100,87	129	1858,63
94	611,18	112	1136,43	130	1907,67
95	634,27	113	1172,78		
96	658,05	114	1209,90		

Wenn wir zu dem oben angeführten Beispiele vom Heber zurückkehren, und uns vorstellen, dass das Glas des zugeblasenen Schenkels desselben das Vermögen besitze, sich auszudehnen, so sollte das Quecksilber im offenen Schenkel herabsinken, während die Luft im andern Schenkel durch das hinzugekommene Volumen des Wassergases ihren Umfang erweitert. Allein, wenn man die Expansionskraft oder Tension der verdunsteten Flüssigkeit kennt, so ist leicht zu berechnen, um wie viel die Luft durch den Zutritt derselben ausgedehnt wird, weil die Summe der Tensionen von beiden dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht halten, das heisst: der Barometerhöhe, bei welcher der Versuch gemacht wird, gleich sein muss. Nehmen wir an, dass wir bei 76 Centimeter Barometerhöhe eine Flüssigkeit, deren Tension 38 Centimeter beträgt, in der Luft verdunsten lassen, so bleibt die Summe der Tensionen von beiden, so lange sie eingeschlossen sind, 1,14 Meter; erhalten sie aber Freiheit, sich auszudehnen, so vermehrt sich ihr Volumen, bis ihre

gemeinschaftliche Tension nur noch 76 Centimeter beträgt. Dann wird aber das Volumen der Luft verdoppelt, so dass deren Tension nur 38 Centimeter ausmacht, d. h. das Volumen des zugetretenen Gases war dem Volumen der Luft gleich. Beträgt hingegen die Tension der Flüssigkeit 19 Centimeter, so muss sich die Luft ausdehnen, bis ihre Tension 57 Centimeter wird, d. h. ihr Volumen vermehrt sich um $\frac{1}{4}$, denn $19 : 76 = 1 : 4$, und das Volumen des neugebildeten Gases macht $\frac{1}{4}$ vom Volumen der Luft aus. Wäre ferner die Tension der Flüssigkeit 72 Centimeter (z. B. wie die des Aethers nahe an seinem Siedepunkte), so müsste die Luft sich so weit ausdehnen, bis ihre Tension nur noch 4 Centimeter betrüge, d. h. um ihr 19faches; weil $4 : 76 = 1 : 19$. Wir wählen noch ein Beispiel aus **Biot's** Tabelle. Wir sehen aus dieser, dass die Tension des Wassers bei $+18^0 = 15{,}355$ Millimeter beträgt, d. h. dass die eigenthümliche Expansion der Luft dann 744,647 Millimetern entsprechen muss. Da nun $15{,}35 : 760 = 1 : 49{,}5$, so muss die Luft sich um 2 Procent ihres Volumens ausgedehnt haben, welches das Volumen des gasförmigen Wassers ausmacht.

Auf Veranstaltung der französischen Regierung haben **Dulong** und **Arago** Versuche über die Tension des Wassers bei höheren Temperaturen angestellt. Folgende Tabelle zeigt das aus ihren Versuchen zusammengestellte Resultat:

Elasticität der Dämpfe		Zugehörige Temperatur des Dampfes.	Druck auf einen Quadratcentimeter in Kilogrammen.
in Atmosphären ausgedrückt.	verglichen mit einer Quecksilbersäule in Metern.		
1	0m,76	100°	1k,033
1,5	1 ,14	112 ,2	1 ,549
2	1 ,52	121 ,4	2 ,066
2,5	1 ,90	128 ,8	2 ,582
3	2 ,28	135 ,1	3 ,099
3,5	2 ,66	140 ,6	3 ,615
4	3 ,04	145 ,4	4 ,132
4,5	3 ,42	149 ,06	4 ,648
5	3 ,80	153 ,08	5 ,165
5,5	4 ,18	156 ,8	5 ,681
6	4 ,56	160 ,2	6 ,198
6,5	4 ,94	163 ,48	6 ,714
7	5 ,32	166 ,5	7 ,231
7,6	5 ,70	169 ,37	7 ,747
8	6 ,08	172 ,1	8 ,264
9	6 ,84	177 ,1	9 ,297
10	7 ,60	181 ,6	10 ,33
11	7 ,36	186 ,03	11 ,363
12	9 ,12	190	12 ,396
13	9 ,88	193 ,7	13 ,429
14	10 ,64	197 ,19	14 ,462
15	11 ,40	200 ,48	15 ,495
16	12 ,16	203 ,6	16 ,528
17	12 ,92	206 ,57	17 ,561
18	13 ,68	209 ,4	18 ,494
19	14 ,44	212 ,1	19 ,627
20	15 ,20	214 ,7	20 ,660
21	15 ,96	217 ,2	21 ,693
22	16 ,72	219 ,6	22 ,726
23	17 ,48	221 ,9	23 ,759
24	18 ,24	224 ,2	24 ,792
25	19 ,00	226 ,3	25 ,825
30	22 ,80	236 ,2	30 ,990
35	26 ,60	244 ,85	36 ,155
40	30 ,40	252 ,55	41 ,320
45	34 ,20	259 ,52	46 ,485
50	38 ,00	265 ,89	51 ,650

Die Tension aller flüchtigen Flüssigkeiten ist bei dem Siedepunkte sich gleich (d. h. = mit dem Barometerstande), und da alle Gase von der Wärme gleichförmig ausgedehnt

werden, so sollte man glauben, dass bei einer gleichen Anzahl von Graden über ihren Siedepunkt hinaus die Tension derselben gleichförmig zunehme. Dasselbe würde dann auch für die Abnahme ihrer Tension unter ihrem Siedepunkte gelten, so dass dieselbe bei einer gleichen Anzahl Graden unter ihrem Kochpunkte auch für alle und jede flüchtige Flüssigkeit sich gleich bleibe. Z. B. das Wasser kocht bei + 100°, der Alkohol bei + 78° und der Aether bei + 35°; daher sollte das Wasser bei + 80°, der Alkohol bei + 58° und der Aether bei + 15° gleiche Tension haben, weil alle drei 20° unter ihren Siedepunkt abgekühlt worden sind. Dalton und Gay-Lussac haben dieses mit Versuchen zu bestätigen gesucht. Gay-Lussac giebt an, dass, wenn man einmal den Siedepunkt irgend einer flüchtigen Flüssigkeit bei 76 Centimeter Barometerhöhe bestimmt hat, die oben mitgetheilte Tabelle über die Tension des Wassers zur Flüssigkeit brauchbar ist, sobald man deren Siedepunkt an die Stelle des Siedepunkts vom Wasser setzt und dann eine gleiche Anzahl Grade ab- und hinzurechnet. Versuche aber, die nachher von Ure und Despretz mit Alkohol, Aether und flüchtigen Oelen angestellt worden sind, scheinen dieser Annahme nicht günstig zu sein. Wir müssen daher über diesen Gegenstand neue Aufschlüsse erwarten.

So wie sich ein unbeständiges Gas bei der Verdunstung in der Luft verhält, eben so verhält es sich auch, wenn es in einer anderen unbeständigen Gasart verdunstet. Daher kann man bei der Destillation zweier mit einander gemengter, aber nicht chemisch verbundener, Flüssigkeiten, wenn man den Siedepunkt beider kennt, das relative Volumen, welches von ihnen in Gasgestalt übergeht, im Voraus bestimmen, und wenn auch das specifische Gewicht ihrer Gase bekannt ist, lässt sich sogar die relative Gewichtsmenge, die von beiden überdestillirt, im Voraus berechnen (wenn man nämlich die Tension einer jeden Flüssigkeit bei dem Siedepunkte des Gemenges mit dem specifischen Gewichte ihres Gases multiplicirt).

Das Wasser verliert an seiner Neigung zum Verdunsten, d. h. an seiner Expansionskraft oder Tension, wenn es andere Körper aufgelöst enthält, und erfordert dann zum Kochen eine um so höhere Temperatur, je grösser seine Ver-

wandtschaft zu den aufgelösten Stoffen ist. Es hat zwar dann bei einer gleichen Anzahl von Graden unter dem höheren Siedepunkte gleiche Tension mit reinem Wasser; allein sie wird durch die Verdunstung des Wassers und die relative Menge der darin aufgelösten Stoffe verändert, und die Tension wird daher immer schwächer und schwächer, und der Kochpunkt höher, je mehr sich die Flüssigkeit concentrirt. Ist sie dann mit den aufgelösten Stoffen völlig gesättigt, so bleibt die Tension und der Kochpunkt unveränderlich. Z. B. eine gesättigte Kochsalzauflösung kocht bei $+ 109^{0}$, eine ebenfalls gesättigte Auflösung von Salpeter kocht bei $+ 115\frac{2}{3}^{0}$. Gewisse Körper verbinden sich mit dem Wasser mit solcher Kraft, dass dessen Tension $= 0$ wird; diess geschieht aber nur dann, wenn das Wasser eine chemische Verbindung mit den stärkeren Säuren oder den stärkeren Basen eingeht.

Das in der Luft enthaltene Wassergas, oder die Feuchtigkeit der Luft, kann durch unendlich viele Umstände Veränderungen erleiden. So verändert sie sich nach der Beschaffenheit des Landes; sie ist grösser am Meere und in der Nachbarschaft grosser Seen, geringer auf dem festen Lande, und wenn es lange nicht geregnet hat. Hauptsächlich hängen ihre Veränderungen von der Temperatur ab. Wenn diese in einer Luft abnimmt, welche mit so viel Wassergas gemengt gewesen ist, als dieselbe bei diesem Wärmegrade hat aufnehmen können, d. h. welche mit Feuchtigkeit gesättigt gewesen ist, so verliert ein Theil des Wassergases seine Luftgestalt, wird niedergeschlagen und in Dünste verwandelt. Die Durchsichtigkeit der Luft wird dadurch vermindert, und sie wird, je nachdem die Menge des gefällten Wassers grösser oder kleiner ist, mehr oder weniger undurchsichtig und nebelartig. Wenn man z. B. im Winter, bei sehr strenger Kälte, eine Thür öffnet, so strömt ein Theil der äusseren kalten Luft unten herein, vermengt sich mit der wärmeren Zimmerluft, und es wird, wenn die Sonne hinein scheint, ein Nebel sichtbar. Dieser Nebel ist nichts anderes, als der Wasserdampf, der sich aus der wärmeren Stubenluft niederschlägt, wenn sie durch die von aussen eindringende kalte Luft abgekühlt wird. Bei gewöhnlicher Kälte geschieht diess selten, weil da die eindringende kalte Luft sogleich bis zu einem Grade erwärmt wird, bei welchem sich das Wasser-

gas erhalten kann. Aus demselben Grunde erscheint die ausgeathmete Luft im Winter, nicht aber im Sommer, in Gestalt eines Rauches; denn die Winterkälte schlägt das Wassergas nieder, welches beim Ausathmen von der inneren Oberfläche der Lungen ausdünstet; im Sommer aber bleibt es gasförmig und breitet sich in der wärmeren Luft aus. Ist jedoch diese schon vorher mit Feuchtigkeit gesättigt, wie während oder zunächst vor einem Regen, so kann man den Hauch des Athems oft selbst bei 18 und 20 Grad Wärme noch sehen, wiewohl er weit schwächer als im Winter sichtbar ist.

Wenn man einen sehr kalten Körper in warme Luft bringt, so überzieht er sich mit Wasser, oder beschlägt, wie man zu sagen pflegt. Dieses Wasser schlägt derselbe aus der Luft nieder, indem er die ihn umgebenden Luftschichten abkühlt, und dem darin enthaltenen Wassergase seine Wärme entzieht. Wir sehen diess an frisch gefüllten Wasserflaschen und im Winter an unseren Fensterscheiben. Die Luft in unseren Zimmern hat gewöhnlich + 18° bis + 20° Wärme, und enthält zugleich sehr viel Wassergas durch unser Athmen und unsere Ausdünstung; diese Luft wird aber im Winter durch die kälteren Fensterscheiben fortdauernd abgekühlt, daher sich das Wasser auf diesen niederschlägt, und, bei hinreichender Kälte, selbst in Eis verwandelt. Ist die Luft im Zimmer sehr trocken, so beschlagen die Fenster nicht, wenn auch die innere und äussere Temperatur sehr verschieden ist. Bringt man aber eine Schale mit warmen Wasser in das Zimmer, durch dessen Verdunstung die Luft ihre volle Sättigung mit Wassergas erhält, so fangen sie nach wenigen Minuten an zu beschlagen.

Ausserdem wird der Wassergehalt der Luft auch verändert durch lebende Thiere und Pflanzen, deren stete Ausdünstungen ihn vermehren, so wie durch verschiedene Salze und durch eine Menge andere auf der Erdoberfläche befindliche Körper, welche, durch ihre Verwandtschaft zum Wasser, dasselbe aus seiner Gasgestalt in der Luft niederschlagen und deren Feuchtigkeit dadurch vermindern.

Die Eigenschaft poröser Körper, gasförmige Stoffe in ihre Zwischenräume aufzunehmen und zusammenzudrücken, äussert sich weit stärker auf das in der Luft befindliche Wasser-

gas, als auf die beständigen Gasarten. Das Wasser wird von ihnen in bedeutender Menge condensirt, und wir sagen daher, dass diese Körper Feuchtigkeit einsaugen, Werden sie dann in einer kleinen Glasretorte, oder in einer, an dem einen Ende zugeblasenen, Glasröhre erhitzt, so geben sie das Wasser wieder von sich, welches sich in Tropfen an dem kälteren Theile der Röhre anlegt. Körper, deren Poren so weit sind, dass sie beständige Gasarten nicht bedeutend einsaugen, verdichten dennoch die unbeständigen Gase, und daher kommt es, dass gepulverte Körper, wenn man sie einige Stunden stehen lässt, selbst in trockener Luft, Wassertropfen geben, wenn man sie auf die angeführte Weise in einer Glasretorte oder Glasröhre erhitzt. Werden sie nach der Erwärmung wieder herausgenommen, so ziehen sie wieder, wie vorher, Feuchtigkeit an. Die Mengen des auf diese Weise condensirten Wassers sind, nach der verschiedenen Natur der Körper und nach dem ungleichen Wassergehalt der Luft, verschieden. In einer feuchten Luft wird mehr Wassergas condensirt, und wenn die Luft trockner wird, verdunstet wieder ein Theil des verdichteten Wassergases. Aus dieser Ursache ist es sehr schwierig, gepulverte Körper zu sehr genauen chemischen Versuchen abzuwägen, weil sie, wenn auch durch Glühen alles Wasser aus ihnen ausgetrieben ist, während des Wägens wieder so viel Wasser aus der Luft verdichten, dass es Einfluss auf den Erfolg der Versuche haben kann. In feuchter Luft darf desshalb, nach meinen Erfahrungen, kein gepulverter Körper gewogen werden, wenn man recht genaue Untersuchungen anstellen will.

Die Lehre vom Messen des Wassergas-Gehalts der Luft nennt man Hygrometrie, und die dazu bestimmten Instrumente Hygrometer oder Hygroskope. Die Feuchtigkeit der Luft steht, nach dem, was ich darüber angeführt habe, in genauem Verhältnisse mit der Temperatur, so dass sie mit derselben Menge Wassergas, die ihr z. B. bei + 5° das Maximum von Feuchtigkeit giebt, bei + 20° ganz trocken sein kann. Das Hygrometer soll uns daher angeben, bei welchem Wärmegrade die Luft, mit dem Wassergase, welches sie enthält, ihr Maximum an Feuchtigkeit erreicht haben würde; oder, um einen bestimmteren Ausdruck zu brauchen: welcher Wärmegrads-Tension ihr Gehalt an Was-

sergas entspreche; folglich, um wie viel die Luft abgekühlt werden könne, ohne etwas von ihrem Wasser abzusetzen, oder wie viel Wassergas sie, ausser demjenigen, welches sie schon vorher enthielt, noch aufzunehmen vermöge.

Um nun zu finden, welchem Grade der Temperatur der Wassergehalt der Atmosphäre entspricht, füllt man Wasser in ein längliches cylindrisches Glasgefäss; beschlägt das Glas, so wird das Wasser wieder ausgegossen, das Glas äusserlich wieder völlig gut abgetrocknet, und das Wasser abermals hineingegossen. Setzt sich wieder Feuchtigkeit an das Glas an, so wird es nochmals ausgefüllt und äusserlich sorgfältig getrocknet, und diess so oft wiederholt, als das Glas nach dem Füllen mit Wasser äusserlich noch beschlägt. Dann untersucht man die Temperatur des Wassers, welche nun zu erkennen giebt, bei welchem Wärmegrade die Luft mit der Menge Wasser, die sie enthält, gesättigt sein würde; wenn man dann auf der Tabelle diesen Wärmegrad aufsucht, so findet man die Tension des Wassergases, welche durch die Höhe der Quecksilbersäule ausgedrückt ist, die sie zu tragen im Stande sein würde.

Noch genauer und leichter kann der Wassergehalt der Luft bestimmt werden, wenn man sich eine Thermometerkugel von Stahl oder Silber machen, sie äusserlich auf's Feinste poliren lässt, und eine Thermometerröhre von gehöriger Länge luftdicht in sie einkittet. Das Thermometer wird auf die gewöhnliche Weise mit Quecksilber, oder, bei einer Silberkugel, mit gefärbtem Alkohol gefüllt. Will man nun den Wassergehalt der Luft prüfen, so nimmt man kaltes Wasser, oder macht sich, wenn es nicht kalt genug zu haben ist, erkältende Gemenge von Salmiak mit Wasser oder Schnee. Man umgiebt dann die Thermometerkugel mit einem wasserdichten Futterale von Wachstaffet und steckt sie in das kalte Wasser; bei jeden ein oder zwei Graden, um welche das Thermometer sinkt, nimmt man es aus seinem Futterale heraus, um nachzusehen, ob die Kugel beschlägt. Endlich kommt man dabei auf einen Punkt, wo sie beim Herausnehmen sich mit einem Hauche überzieht, der aber schnell wieder vergeht. Man beobachtet nun diesen Wärmegrad und findet dabei in der Tabelle die Tension des Wassergehalts der Luft. Je grösser der Unterschied zwischen

der Lufttemperatur und dem gefundenen Wärmegrade ist, desto trockner ist die Luft, und umgekehrt. Wenn z. B. die Temperatur der Luft + 20° ist, und das Hygrometer beschlägt erst dann, wenn es bis + 8° abgekühlt ist; so ergiebt sich daraus, dass die Luft um + 12° abgekühlt werden konnte, ehe sie etwas Wasser absetzte, und dass alle Verdunstung mit einer Kraft geschehen musste, welche gleich ist dem Unterschiede zwischen der Tension des Wassers bei + 8° und bei + 20°.

Daniell hat ein sehr brauchbares Hygrometer eingerichtet, das aus einem Kryophor (s. S. 68.) besteht, in welchen, statt Wasser, Aether eingeschlossen wird, und in dessen einem Schenkel ein kleines Thermometer steht. Die Kugel des Thermometers ist länglich, und steht zur Hälfte unter der Oberfläche des Aethers. Wird die leere Kugel des Kryophors mit Eis oder im Sommer auf die Weise abgekühlt, dass man sie mit Musselin umbindet und diesen mit Aether befeuchtet, so entsteht eine Verdunstung des Aethers in der andern Kugel, welche dadurch abgekühlt wird, so dass sie anfängt, sich von aussen mit Wasserdunst zu beschlagen. Das Thermometer zeigt dann inwendig die Temperatur der Kugel an.

Man hat noch verschiedene andere Instrumente zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, die auf ganz anderen Grundsätzen beruhen und ein weit unvollkommeneres Resultat geben. Diese nennt man eigentlich Hygroskope, weil sie den Grad der Trockenheit der Luft nur ungefähr angeben. Von dieser Art sind: Saussure's Haar- und de Luc's Fischbein-Hygrometer, ingleichen die Hygrometer von Darmsaiten und Tannenbretchen. Sie gründen sich sämmtlich darauf, dass die Körper, aus welchen sie angefertigt sind, nach dem verschiedenen Feuchtigkeitszustande der Luft, mehr oder weniger Wasser aus derselben anziehen, und sich dadurch ausdehnen oder zusammenziehen.

Saussure's Haar-Hygrometer zeichnet sich von andern durch seine Brauchbarkeit und durch die Richtigkeit seiner Resultate aus. Es giebt aber nicht, wie die oben angeführte Methode, den ganzen Gehalt ber Luft an Wassergas, sondern nur deren relative Trockenheit, d. h. es zeigt, wie weit die Luft vom Maximum der Feuchtigkeit für die Temperatur, bei der die Beobachtung geschieht, entfernt ist.

Gay-Lussac

Gay-Lussac ist es jedoch gelungen, eine Tabelle zusammen zu stellen, worin die Grade des Haar-Hygrometers in entsprechenden Tensionen des Wassergases angegeben sind; ich muss aber, um mich hier nicht zu lange bei diesem Gegenstande aufzuhalten, meine Leser desshalb auf den Artikel Hygrometer im letzten Bande verweisen.

Leslie's Thermo-Hygrometer besteht aus zwei gleichgehenden Thermometern, wovon die Kugel des einen mit Leinwand umwickelt, und diese mit Wasser angefeuchtet wird. In feuchter Luft zeigen beide einerlei Temperatur; in trockener Luft hingegen steht das umwickelte desto tiefer, je trockener die Luft ist und je stärker die Kugel durch die Verdunstung abgekühlt wird. August hat diese Idee von Neuem in Anwendung gebracht, und hat gezeigt, dass dadurch eben so sichere Resultate wie mit den Daniell'schen Hygrometer erhalten werden; nur wird der Temperaturunterschied zwischen der nassen und der trockenen Kugel nur die Hälfte von dem, welchen Daniell's Hygrometer angiebt, was nachher durch Rechnung zu berichtigen ist. Leslie hat noch ein anderes Instrument zum Messen des Wassergehalts der Luft erfunden, welches aus einer Kugel von porösem Steingut besteht, in welche eine graduirte Glasröhre eingekittet ist; die Kugel wird durch die Röhre verschlossen, damit die Höhe der Wassersäule nicht auf die Wände der Kugel drückt. Die poröse Masse der Kugel lässt nun das Wasser durchgehen, so dass sich das Aeussere der Kugel stets feucht hält. Je trockener die Luft ist, desto mehr Wasser verdunstet von der Oberfläche der Kugel, und desto schneller sinkt das Wasser in der Röhre nieder. Wäre die Luft um die Kugel in voller Ruhe, so würde die Schnelligkeit des Herabsinkens des Wassers in der Röhre sich verhalten, wie die Trockenheit der Luft, und das Instrument würde ein Hygrometer sein; allein da die Bewegung der Luft die Verdunstung befördert, so kann es nur dazu dienen, die Stärke der Verdunstung zu messen, und Leslie hat es daher Atmometer, Verdunstungsmesser, genannt.

Die sowohl in chemischer als physikalischer Hinsicht interessante Lehre von der Verdunstung ist ein Resultat der Untersuchungen der neueren Zeit. Leroy, welcher die Behauptung vertheidigte, dass das Wasser in der Luft eben

so-aufgelöst werde, wie ein fester Körper im Wasser, hat durch seine Versuche viel zur näheren Ausmittelung dieses Gegenstandes beigetragen. Er bediente sich zuerst eines mit Eis gemengten Wassers, das er mit einem Thermometer umrührte, um die Temperatur zu bestimmen, bei welcher die Aussenseite des Glases zu beschlagen anfing. De Luc, welcher Leroy's Ansichten verwarf, stellte sich vor, dass das Wasser in der Luft auf eine uns unbekannte Weise in seine Bestandtheile zerlegt, und wenn der Himmel sich trübt und Regen zu fallen anfängt, wieder zusammengesetzt werde. Dalton bewies durch Versuche in der Barometer-Leere, dass die Tension des Wassergases nicht von der Anwesenheit der Luft, sondern nur von der Temperatur abhänge; er bestimmte die Tension des Wassers bei verschiedenen Temperaturen (nach welchen Bestimmungen die oben mitgetheilte Biot'sche Tabelle berechnet ist), und mittelte den grössten Theil der Gesetze für die Verdunstung flüchtiger Körper aus. Da er durch Versuche gefunden hatte, dass Aetherdampf die nämliche Tension wie Wasserdampf hat, so zog er daraus den Schluss, dass alle unbeständigen Gase die nämliche relative Tension haben müssten, welches aber, wie wir gesehen haben, nicht der Fall zu sein scheint. Gay-Lussac bestätigte Dalton's Angaben, und brachte die Lehre von der Verdunstung flüchtiger Körper und deren Tension bei ungleichen Temperaturen in ein zusammenhängendes System.

Vorkommen des Wassers in der Natur.

a) *Vorkommen des tropfbarflüssigen Wassers in der Atmosphäre.* Der Wassergehalt der Luft ist unaufhörlichen Veränderungen unterworfen, die theils von der beständigen Bewegung, welche die ungleiche Vertheilung der Wärme in ihr verursacht, theils von dem geringeren specifischen Gewichte der wasserhaltigeren Luft, und theils von der ungleichen Temperatur der verschiedenen Stellen des Erdbodens und der Luftschichten herrühren.

Hörte die Sonne auf zu scheinen, so würde der tropfbarflüssige Theil der Erdmasse in der vollkommensten Ruhe bleiben, und die Luft stets eine unveränderliche Menge von Wassergas enthalten, welche der Tension des Wassers bei der bestehenden Erdtemperatur entspräche, wenn diese nicht

etwa so absolut kalt wäre, dass die Tension 0 würde. So aber treffen die Sonnenstrahlen unsere Erde, werden von der festen Masse derselben zerlegt, und lassen dabei ihre Wärme fahren; dadurch wird die unterste Schicht der Atmosphäre stark ausgedehnt und muss in die Höhe steigen, um einer kälteren Luft Platz zu machen, welche überall in ihr niedersinkt und eine Art Bewegung in der Luft verursacht. Dabei erwärmen die Sonnenstrahlen die verschiedenen Theile der Erdoberfläche ungleich stark, das Land mehr, als das Wasser, welches den grössten Theil der Sonnenstrahlen zurückwirft, wodurch eine zweite, stärkere Bewegung der Luft verursacht wird. Endlich wird auch der mittlere Theil der Erde stark erwärmt, während um die Pole herum eine strenge Kälte herrscht, und hieraus muss die stärkste Bewegung in der Atmosphäre entstehen. Denn über den erwärmten Erdstrichen muss die warme Luft stets emporsteigen und allmählig von der Luft aus den kälteren Gegenden wieder ersetzt werden; die höhere, wärmere und leichtere Luftsäule, welche emporstieg, muss sich aber seitwärts wieder herabziehen und den Gegenden zuströmen, wo die kältere Luft herkam, und so im Grossen ein ähnlicher Kreislauf in der Luft entstehen, wie ich oben beschrieben habe, wo von der Art der Erwärmung flüssiger Körper und von der Fortpflanzung der Wärme in denselben die Rede war. In diesem grossen Kreislaufe müssen, durch die ungleiche Erwärmung einzelner Stellen u. s. w., noch Tausende von kleineren Kreisläufen sich bilden, und die Atmosphäre muss auf diese Weise in einer unaufhörlichen Unruhe erhalten werden *).

Alle diese Veränderungen sind indessen sehr oft so unbedeutend, dass sie von uns nicht wahrgenommen werden und weder Sturm noch Wind erzeugen. Diese letzteren entspringen zwar ebenfalls aus jenen allgemeinen und langsameren Veränderungen in den Bewegungen der Atmosphäre,

*) Beispiele davon sieht man, wenn grössere oder kleinere Erdstrecken mit Wolken bedeckt sind und die Luft unter diesen abgekühlt wird. Wenn an einem klaren und warmen Sommertage eine kleine Wolke vor der Sonne vorbeizieht und diese bedeckt, so bemerkt man dabei immer einen, mehr oder weniger starken Luftzug, welcher nach dem Schatten hinströmt, weil sich die Luft hier abkühlt und zusammenzieht.

stehen aber auch noch mit den Bewegungen des Barometers im Zusammenhange, deren Hauptursachen uns bis jetzt noch verborgen sind. Sie heben übrigens den Gang der, durch die ungleiche Erwärmung der Erdkugel entstehenden Bewegungen der Atmosphäre nicht auf, obgleich sie dieselben stellenweise verändern.

Die Luft bleibt folglich über der Oberfläche des Erdbodens und der Seen niemals so lange stehen, dass sie sich dem höchsten Grade der Feuchtigkeit nähern könnte. Vielmehr wird diese, durch Verdunstungen bis zu einem gewissen Grade feuchte Luft, durch die mehr oder minder starken Bewegungen der Atmosphäre, in Regionen des Luftkreises oder nach Gegenden der Erde geführt, wo sie abgekühlt wird und den, dieser Abkühlung entsprechenden Theil ihres Wassers absetzt, welcher dann Wolken, Regen, Nebel u. dergl. m. bildet. Strömt nun diese, durch Erkältung von ihrer vorigen Feuchtigkeit befreite Luft wiederum nach wärmeren Ländern oder den unteren Regionen der Atmosphäre wieder zu, so ist sie, im Verhältniss der Temperatur der letztern, im hohen Grade trocken und kann sich von Neuem wieder mit Wassergas mengen. Wegen dieser unaufhörlichen Veränderungen kann der Gehalt der Luft an Wassergas niemals so gleichförmig sein, wie ihr Gehalt an beständigen gasförmigen Gemengtheilen ist, und durch diesen Umstand werden Quellen, Flüsse, Seen und zugleich die ganze lebende Natur erhalten.

Wolken und Regen. Um die Bildung der Wolken und die Entstehung des Regens richtig zu begreifen, muss man sich vorstellen, dass beides über einem grossen, gleichförmig erwärmten Landstriche und bei einer vollkommenen Ruhe in den oberen und unteren Regionen der Atmosphäre vor sich gehe. — Das Wasser der Seen, Flüsse und des feuchten Erdreichs verdunstet mit der, seiner Temperatur angemessenen Tension; die Luft aber, welche das hierbei entstehende Wassergas aufnimmt, wird theils durch dessen Beimengung, theils durch die Erwärmung vom Sonnenlichte, leichter, und muss hierdurch aufsteigen und einer weniger feuchten Luft Platz machen. Sie zieht sich auf diese Weise nach und nach bis zu Luftschichten empor, wo sie so sehr abgekühlt wird, dass das Wasser, welches sie mit sich führt,

seine Gasgestalt nicht mehr behalten kann und in Gestalt eines Dampfes niedergeschlagen wird. Je wärmer die Luft und je weniger sie mit Wasser gesättigt ist, in desto grösserer Höhe geht dieser Niederschlag vor sich, welcher nur dadurch sichtbar wird und Wolken bildet, dass die Masse der Dämpfe theils von der Sonne erleuchtet wird, theils diese verdeckt. Je dichter die Dämpfe sich zusammenhäufen, desto weniger durchsichtig werden sie, und desto dunkler erscheinen sie uns.

Die Wolken wachsen nach und nach, und erhalten sich, weil die kleinen Bläschen mit der Luft ziemlich gleiches specifisches Gewicht haben, einige Zeit in den höheren Regionen der Luft schwebend; es ist aber noch den Physikern ein Räthsel, wie es kommt, dass sie sich ganze Tage lang in der Luft schwebend erhalten können. Diese Erscheinung steht in keinem Zusammenhange mit der Erwärmung der unteren Schicht der Atmosphäre oder der auswendigen Seite der Wolken selbst, wie einige Naturforscher annehmen wollten, denn sie verändern ihre Lage auch in der Nacht nicht. Haben sie endlich einen gewissen Grad von Dichtheit erlangt, so fangen sie allmählig an sich zu senken, und wenn die Dämpfe nun wieder in eine niedrigere, wärmere Luftschicht kommen, werden sie nach und nach wieder aufgelöst, bis die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht hat. Man sieht dabei deutlich, wie ganze Wolken sich senken, ohne dass noch ein Tropfen Regen gefallen ist. Die Luft zwischen der unteren Fläche der Wolken und der Erde wird dadurch ihrem höchsten Grade von Feuchtigkeit nahe gebracht, dass die Wolken die Sonne verdecken, diese Luft dadurch abgekühlt und die Tension des Wassers vermindert wird. Hat die Luft endlich dieses Maximum erreicht, so fängt es an zu regnen. Beobachtet man das Hygrometer, so sieht man, wie die Feuchtigkeit der Luft sich nach und nach vermehrt, bis sie auf's Aeusserste gebracht ist, wo dann einige Augenblicke vorher oder nachher die ersten Regentropfen fallen.

Die Regentropfen werden durch die kleinen Luftbläschen gebildet, die, wenn sie bei ihrem Falle von der feuchten Luft nicht mehr aufgelöst werden, in immer grössere Berührung mit einander kommen und kleine Wasserkugeln bilden.

indem diese Tropfenbildung einmal angefangen hat, so setzt sie sich über die ganze Wolke fort; es ist uns aber ganz unbekannt, wodurch sie bedingt wird. Die Tropfen nehmen beim Niederfallen an Grösse zu, theils durch die Vereinigung mit anderen Bläschen und Tropfen, theils dadurch, dass sie gewöhnlich aus einer kälteren in eine wärmere Luftregion fallen, und so wie jeder andere kalte Körper in warmer und feuchter Luft, während des Fallens, Wasser an ihrer Oberfläche niederschlagen. Desshalb sind im Sommer die Tropfen beim Anfange eines Regens grösser, und werden nachher allmählig kleiner. Im Winter hingegen und in den kälteren Jahreszeiten, wo der Unterschied zwischen der Temperatur der oberen und unteren Luftschichten geringer ist, oder wenn, wie zuweilen geschieht, die in der Höhe niedergeschlagenen Wasserdünste zum Theil die Temperatur des Landstrichs, aus welchem sie hergeführt worden sind, noch beibehalten, und daher wärmer als die untere Luft sind, ist jener Unterschied weniger merklich. Bei Stürmen, Gewitter und Regenwetter kommen ebenfalls vielfältige Veränderungen vor. — Ganz allmählig schlägt sich auf diese Weise die Wolke gänzlich nieder, der Himmel heitert sich auf, die Sonne kommt wieder zum Vorschein, und die vom Regen abgekühlte Luft wird wieder erwärmt. Das Hygrometer zeigt nun ein schnelles Zunehmen der Trockenheit, weil das Wasser, womit die Luft während des Regens gesättigt war, durch die kalten Regentropfen gefällt wurde, und je kälter der Regen war, desto trockener wird die Luft nachher, aus leicht begreiflichem Grunde.

Diess sind die Grundregeln für den Regen überhaupt, und fast ganz so beschaffen ist der Regen, welcher nach einem aufgestiegenen Morgenthaue fällt. Allein höchst selten trägt sich dieses Phänomen bei vollkommener Windstille und so einfach zu, als ich es beschrieben habe. Die beständigen Bewegungen der Atmosphäre und die Elektricitäten bringen Veränderungen darin hervor, die zwar zum Theil leicht begreiflich sind, zum Theil aber bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse unerklärlich bleiben.

Selten fällt der Regen gerade auf der Stelle nieder, von welcher vorher das Wasser durch Verdunstung aufstieg, sondern meistens wird dieses von der Luft eine kürzere

oder längere Strecke weit fortgeführt, ehe es abgekühlt, verdichtet und niedergeschlagen wird. Das meiste verdunstet von der Oberfläche der Meere und Seen, auch fällt eine Menge davon wieder dahin zurück; indessen wird auch ein grosser Theil davon auf das Land geführt.

In Folge der Neigung der Erde auf ihrer Bahn, hat jeder Landstrich zwei Hauptjahreszeiten, eine entschieden wärmere, den Sommer, und eine andere kältere, den Winter; zwischen beiden bilden der Herbst und Frühling blosse Uebergänge. Während der wärmeren Jahreszeiten verdunsten die Seen und die Feuchtigkeiten des Erdbodens, und das verdunstete Wasser folgt der warmen aufsteigenden Luft, zufolge des oben erwähnten allgemeinen grossen Kreislaufes, nach den kälteren Ländern, deren kältere und trockenere Luft die entwichene wärmere und feuchtere Luft wieder ersetzt. Jene wärmere, mit Wassergas gemengte Luft wird allmählig auf diesen Stellen abgekühlt und bildet Wolken und Regen, und zwar so, dass, wenn sie in einer Temperatur einen gewissen Vorrath davon abgesetzt hat, sie dann in einem kälteren Klima noch mehr absetzen kann. Daher sind die Sommermonate im Allgemeinen mehr trocken, und der Herbst, Frühling und Winter feucht und reicher an Regen und Schnee. Auch gilt dieses für den ganzen Erdball, selbst für den Aequator, wo der Winter bloss einige Grade kühler als der Sommer ist, wo aber diese geringe Abkühlung dennoch hinreicht, das Wasser zu verdichten, welches von den wärmeren Erdstrichen verdunstet. Daher rührt es auch, dass das Wasser in unseren Seen und Flüssen im Sommer sich vermindert, in den drei folgenden Jahreszeiten aber nach und nach wieder vermehrt.

Inzwischen regnet es im Sommer ebenfalls, und das kommt daher, dass theils die warme Luft an der Erdoberfläche oft mehr Wasser aufnimmt, als sie bei ihrem Aufsteigen in höhere Luftschichten in Gasgestalt an sich behalten kann, welches sich dann verdichtet und wieder niederfällt, theils daher, dass die unregelmässigen Winde ausserhalb der Wendekreise die Sommerluft oft unmittelbar aus einem wärmeren nach einem kälteren Lande treiben, wo ihr Wassergehalt verdichtet wird und Regen bildet. Der Sommer hat im

Allgemeinen meist klare Tage; der Winter hingegen hat selten klare, sondern meist neblige Tage.

Der Regen ist von verschiedenen Graden der Heftigkeit, und erhält hiernach besondere Namen, wie Staubregen, Platzregen u. s. w. Die Verschiedenheit des Regens rührt von der ungleichen Höhe der Wolken über der Erdoberfläche her, wenn sie nicht durch die Elektricität entsteht. Bei einem Staubregen streichen die Wolken oft ganz auf der Erde hin, bei einem stärkeren Regen gehen sie weit höher. Je höher die Wolken ziehen, desto grösser werden die Tropfen beim Fallen und desto schneller stürzen sie herab. Daher ist ein Platzregen in wärmeren Ländern gewöhnlicher, als im Norden, weil in jenen die wärmeren Schichten der Atmosphäre tiefer sind und das Wassergas daher genöthigt wird, vor seiner Verdichtung zu Wolken, in eine grössere Höhe aufzusteigen. Daher werden die Regentropfen zwischen den Wendekreisen bisweilen so gross, dass sie $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser haben, und unter dem Aequator hat man sie sogar zuweilen von einem ganzen Zoll im Durchmesser beobachtet.

Gewitterregen nennen wir einen solchen Regen, welcher von den oben, beim Gewitter erwähnten Erscheinungen der Elektricität begleitet ist. Die Gewitterwolken kommen oft sehr schnell heran, ziehen gegen den herrschenden Wind, und haben oft heftige Sturmwinde zu Vorläufern, welche ganz schmale Erdstreifen einnehmen. Ihre Entstehung, ihr Zusammenhang mit der Elektricität, ob diese Ursache oder Folge der oft sehr geschwinden Bildung der Gewitterwolken sei, ist uns gänzlich unbekannt. Manche haben die ungereimte Vermuthung aufgestellt, der Knall des Donners werde in den höheren Luftschichten durch die Entzündung eines Gemenges von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, mittelst des elektrischen Funkens, hervorgebracht, und der herabfallende Regen werde dadurch erzeugt. Allein es lassen sich die augenscheinlichsten Beweise gegen diese Behauptung aufstellen, die sich bloss auf die Aehnlichkeit des Schalles und auf den Umstand gründet, dass die Gewitterwolken Regen geben.

Ein Regen wird gewöhnlich durch das Fallen des Barometers angekündigt. Diess rührt wahrscheinlich daher, dass

die Luft in dem Maasse, als ihre Feuchtigkeit zunimmt, leichter, folglich die Atmosphäre höher, als bei trockener Luft, wird, wodurch der obere Theil der feuchten Luftsäule sich seitwärts niedersenkt und folglich keiner so hohen Quecksilbersäule, als vorher, das Gegengewicht halten kann. Man hat sich, wiewohl vielleicht weniger richtig, den Regen für eine Folge von der Verdünnung der Luft erklärt, welche das Fallen des Barometers zu erkennen giebt; ungefähr auf dieselbe Weise, wie die Luft in einer feuchten Glocke über der Luftpumpe trübe wird und sich mit Wasserdämpfen füllt, wenn man sie durch einige Pumpenzüge verdünnt, weil die in der Glocke sich ausdehnende Luft Wärme von dem Wassergase einsaugt, dessen Tension vermindert, und dasselbe daher theilweise niederschlagen muss. Dieses nimmt indessen seine vorige Gasgestalt und Durchsichtigkeit in wenigen Augenblicken wieder an, sobald man wieder Luft zulässt.

Schnee. Wenn sich Wolken bei einer Temperatur unter 0° bilden, so verwandeln sich die Wasserdünste in unendlich kleine und nadelförmige Krystalle, von welchen sich immer mehrere unter Winkeln von 60° und 120° zusammensetzen, wie die Nadeln des gefrierenden Wassers, und dadurch sehr verschiedenartige Krystallgestalten, vom schönsten Ansehn, bilden, welche einander bei einem und demselben Schneewetter immer gleich sind. Sie wachsen im Fallen, wie die Regentropfen, und häufen sich oft zu grossen Flocken zusammen. Ueberhaupt gilt vom Schnee alles das, was ich vom Regen gesagt habe, und der Unterschied liegt bloss in der Temperatur.

Bei einem windstillen und sehr kalten Tage fällt kein Schnee, weil kein Wassergas gefällt werden kann, sondern wenn es da schneien soll, muss uns eine weniger kalte und feuchtere Luft zugeführt werden. Diese wird dann abgekühlt, setzt ihr Wasser ab und bildet Schnee. Daher pflegt auch die Luft kurz vor dem Schneien milder zu werden, als vorher. Gewöhnlich schreibt man diese Erscheinung der Krystallisation des Wassers zu, wobei die Wärme des Gases frei würde; allein in diesem Falle würde die Wärme von Neuem die Tension des Wassers vermehren, und es könnte daher in jedem Falle nicht mehr Schnee gebildet werden, als die Abkühlung gestattete. — Wenn wir bei Nordwind zu-

weilen Schnee mit starker Kälte und Sturm bekommen, so ist dieser Schnee gewöhnlich in der aus wärmeren Ländern kommenden Luft gebildet, welche die höheren Regionen der Atmosphäre in entgegengesetzter Richtung durchstreicht.

Wenn Nordwind ohne Schnee weht, so ist die Luft gewöhnlich klar, und Schnee und Eis verdunsten. Diese Luft ist nämlich in nördlichen Ländern stärker abgekühlt worden, und hat dort ihr Wasser abgesetzt. Wenn sie nun auf ihrem Wege nach Süden allmählig weniger kalt wird, so nimmt ihr Vermögen zu, mehr und mehr Wassergas an sich zu behalten, und dieses verdunstet, nach Verhältniss der Lufttemperatur, von dem Schnee und Eise, über welches die Luft hinstreicht.

Hagel wird ebenfalls durch Kälte erzeugt, aber unter ganz anderen Umständen. Er entsteht nur im Sommer, oder in wärmeren Ländern, und zwar, einer allgemeinen Beobachtung zufolge, nur, wenn die Sonne sich über dem Horizont befindet und die Luft nicht so kalt ist, dass die Wasserdämpfe selbst erstarren können, jedoch in den höheren Regionen der Atmosphäre schnell eine so starke Kälte entsteht, dass die schon gebildeten Regentropfen zu Eis gefrieren. Der Hagel besteht daher aus runden Körnern und nicht aus regelmässigen Krystallen, wie der Schnee. Gewöhnlich sind diese Hagelkörner so kalt, dass das Wasser, welches sich im Herabfallen an sie ansetzt, sogleich zu Eiskrusten gefriert, in welchen das ursprüngliche Hagelkorn als ein weisser und durchsichtiger Kern eingeschlossen ist. In wärmeren Ländern, wo die Wolken oft sehr hoch gehen und die Luft mehr Feuchtigkeit enthält, wird der Hagel oft weit grösser, als bei uns, und bisweilen fallen Stücke von mehreren Pfunden Schwere. Diese bilden sich jedoch nicht auf einmal in der Luft, sondern vergrössern sich erst im Herabfallen, theils durch das Wasser, das sich wegen ihrer Kälte auf ihnen niederschlägt, theils durch das Zusammenfrieren mehrerer Körner, welche sich mit jedem Augenblicke vermehren müssen, weil die Schnelligkeit der grösseren Hagelkörner in grösserem Verhältnisse, als bei den kleineren, zunimmt, diese daher von den grössern im Fallen ereilt werden und sich an sie festsetzen.

Die Ursache einer so schnell entstehenden Kälte in der

Sommeratmosphäre ist uns unbekannt. Jedes Hagelwetter ist, wo nicht stets von Gewitter, doch wenigstens immer von sehr deutlichen Merkmalen von Elektricität begleitet; in welchem Zusammenhange aber die Elektricität mit jener schnellen Erzeugung von Kälte stehe, können wir noch nicht erklären.

Die Nebel rühren von denselben Ursachen, wie die Wolken, her, und sind eigentlich nichts anderes, als Wolken, die sich nahe an der Erdoberfläche bilden. Sie entstehen, wenn die Luftwärme schnell um mehrere Grade gegen die Temperatur des Erdbodens abgekühlt wird, wobei das Wasser mit der, der Wärme der Erde angemessenen Tension von der Oberfläche der Erde und der Gewässer zu verdunsten fortfährt, das neugebildete Wassergas aber sogleich in der Luft wieder abgekühlt und niedergeschlagen wird, nachher aber, wegen der Bewegung der wärmeren Luft am Erdboden, allmählig höher und höher steigt. Der Nebel beginnt auf diese Weise, einige Stunden nach Sonnenuntergang oder eine Stunde vor ihrem Aufgange, über Wasser und sumpfigen Wiesen, und dauert fort, bis er entweder durch seine eigene Schwere als eine Art von Staubregen niederfällt, oder bis er nach Aufgang der Sonne durch die erwärmte Luft aufgelöst wird. Oft sieht man dabei, wie er vom Erdboden zu verschwinden anfängt, und dann auch nach oben zu allmählig abnimmt, in dem Maasse, wie die Luftschichten immer höher und höher hinauf erwärmt werden. Da die Oberfläche des Wassers stärker verdunstet, als das trockene Land, so ist der Nebel über Seen, und dann zunächst an den Seeküsten am häufigsten und dichtesten, weniger allgemein aber auf dem Lande. Er kann sich eben so gut im Winter, als im Sommer bilden, und man sieht in kalten Wintertagen oft Quellen und nicht zugefrorene Ströme rauchen. Wenn der Nebel bei starker Kälte fällt, so setzt er sich in wollähnlichen Krystallen an Bäume und Häuser an und bildet den **Reif.**

Thau. Der Unterschied zwischen der Temperatur des Tages und der Nacht verändert den Wassergehalt der Luft; aber statt dass das Wassergas sich in Gestalt eines Dampfes in der Luft niederschlagen sollte, setzt es sich auf dem Erdboden ab und die Luft behält ihre Durchsichtigkeit. Es ist

schwierig, alle beim Niederfallen des Thaues wirkenden Kräfte zu bestimmen; seine Grundursache aber ist die Abkühlung, und dass er sich nicht in der Luft, sondern auf dem Erdboden niederschlägt, kommt von der Anziehung der festen Körper zum Wasser und von dem Umstande her, dass der Niederschlag in der, dem Erdboden am nächsten gelegenen Luftschicht, als der wärmsten und wasserreichsten, seinen Anfang nimmt. Das Wassergas der oberen Luftschichten breitet sich dann allmählig nach der unteren, als nach einer von Wassergas freieren Luft, aus, und daher kommt es, dass der Niederschlag nach unten seinen Fortgang hat. Die Anziehung der festen Körper zum Wasser wird übrigens dadurch bewiesen, dass sich der Thau nicht auf alle Körper gleichförmig anlegt. Nichtleiter der Wärme werden am meisten davon befeuchtet, Leiter hingegen weniger, und Metalle werden sehr selten davon feucht, wenn es nicht ungewöhnlich stark gethaut hat. Man hat sich die Erklärung dieses Phänomens durch die Beobachtung erschwert, dass der Erdboden beim Fallen des Thaues immer um einen oder einige Grade wärmer als die Luft sei; diess verhält sich auch für eine Tiefe des Erdbodens von einem oder ein paar Zollen wirklich so, allein die oberste Rinde des Bodens und die darauf stehenden Gewächse erkalten durch Ausstrahlen der Wärme, und folglich mit weit grösserer Schnelligkeit, als die Luft. Wells hat durch eine Reihe sehr interessanter Versuche bewiesen, dass das Niederschlagen des Thaues durchaus eine Wirkung der, durch Ausstrahlung von Wärme entstehenden Abkühlung sei. Er legte z. B. des Abends eine abgewogene Menge Wolle unter freien Himmel, und neben diese eine andere gleich grosse und zu einer gleich grossen Oberfläche ausgebreitete Menge, stellte aber über die letztere einen Tisch. Die unbedeckte Wolle hatte weit mehr an Gewicht gewonnen, als die unter dem Tische liegende, weil zwischen der letztern und dem Tische eine gegenseitige Ausstrahlung von Wärmestrahlen stattgefunden hatte, wodurch diese Wolle weniger schnell abgekühlt worden war, als die offen unter freiem Himmel stehende, deren Wärmestrahlen, ohne ersetzt zu werden, geradezu fortgegangen waren. Daher fällt der Thau sehr oft bei klaren Abenden in grösster Menge, seltener aber und nur in geringer Menge bei wolki-

gem Himmel, weil in diesem Falle die Wärmestrahlen des Erdbodens durch die Wärmestrahlen der über ihm befindlichen Wolkenschichten ersetzt werden. Metalle und wärmeleitende Körper bedecken sich nicht mit Thau, so lange sie von der Luft oder ihrer Unterlage die Wärme ersetzen, welche sie durch ihre Radiation verlieren.

Wenn die Luft am Tage so wenig Wasser enthält, dass es durch seine Tension bei der Temperatur der Nachtluft sich in derselben erhalten kann, so fällt kein Thau. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Tension des Wassers einige Stunden vor und eine Stunde nach Sonnenuntergange misst. Findet sich's z. B., dass der Wassergehalt der Tagluft der Tension von + 16° entspricht, und die Temperatur verändert sich nach Untergang der Sonne auf + 15°, 12°, 10° u. s. w., so muss Thau fallen und so lange sich absetzen, als bis die Luft zum niedrigsten Wärmegrade, den sie annehmen kann, abgekühlt ist, d. h. bis zum Wiederaufgehen der Sonne. Hierbei zeigt das Hygroskop nahe am Erdboden das Maximum der Luftfeuchtigkeit an, fängt aber wieder an auf Trockenheit zu gehen, so wie der Thau in den Morgenstunden verschwindet und die Tension des Wassers durch die Wärme des Tages vermehrt wird. Man behauptet, dass ein grosser Theil des Thaues von den Ausdünstungen der Gewächse herrühre, welche von der Luft nun nicht aufgenommen werden könnten. Diess ist aber wenig glaublich, denn diese Ausdünstungen müssten dann in flüssiger Gestalt abgesondert werden, und der Thau würde sich in solchen Fällen, wo die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit aufgenommen hat, auch um Mittag einstellen. Man hat Thau auf Pflanzen unter Glasglocken gefunden, die man über Nacht im Freien gelassen hatte. Dieser Thau entsteht auf dieselbe Weise, wie in freier Luft, und kann eben so stark fallen, weil die wärmere Luft unter der Glasglocke mehr Feuchtigkeit enthält. Dass er nicht von den Ausdünstungen der Pflanzen herrühre, sieht man deutlich daraus, dass die Luft unter der Glocke allemal ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht haben muss, weil sie wenig gewechselt werden kann, und die Aussonderungen der Pflanzen sie in diesem Falle mit einem beständigen Thaue überziehen würden. — Bei uns bemerken wir den Thau nur zu Lande; unter den

Wendekreisen fällt er sowohl auf dem Lande, als auf der See.

Eine Art von Thau entsteht im Winter, wenn beim Wechsel der Winde ein wärmerer auf einen kälteren folgt. Der wärmere Wind enthält Wasser, welches sich an Mauern, Häusern, Bäumen u. s. w. niederschlägt, welche die Kälte der vorigen Tage noch an sich behalten haben. Sie erhalten sich dadurch immer feucht, bis sie die Temperatur der Luft angenommen haben, oder bis ein trockener Wind eintritt. In der Kälte erstarrt dieser Thau zu Reif. Wenn es nach einem kalten Winter im Frühjahre schnell warm wird, sieht man Mauern, steinerne Häuser und Kirchen sich auswendig mit Reif überziehen. Diess kommt daher, dass die Mauern langsamer, als die Luft, erwärmt werden, und noch so viel Kälte zurückhalten, dass das Wasser sich auf ihnen niederschlagen und zu Eis gefrieren kann. Dann sagt man im gemeinen Leben: die Kälte schlägt in die Gebäude.

Regenwasser. Schneewasser. Dasselbe ist zuweilen völlig rein, muss aber in weiten Gefässen und auf freiem Felde und zwar erst dann aufgefangen werden, wenn es schon eine Zeit lang fortgeregnet hat. Gewöhnlich ist das Regen- und das Schneewasser mit atmosphärischer Luft, ein wenig Salpetersäure und, wie behauptet wird, von einer äusserst geringen Menge von Chlorcalcium verunreinigt. Was inzwischen das letztere betrifft, so ist dessen Anwesenheit wenig wahrscheinlich; denn dieses Salz ist völlig feuerbeständig, und kommt, so viel wir jetzt wissen, nicht in Gasgestalt vor. Salpetersäure hingegen wird in sehr geringer Menge bei Verbrennungen gebildet, und muss sich sonach immer in der Atmosphäre vorfinden. Nach Liebig's Untersuchungen soll sie aber nur in dem Gewitterregen und nie in dem gewöhnlichen Regen befindlich sein. Frisch aufgethautes Schneewasser hat einen eigenen Geschmack, und man glaubte früher, dass es eine grössere Menge Sauerstoff enthalte; es führt aber nicht mehr Luft mit sich, als es während des Aufthauens aus der Atmosphäre hat an sich ziehen können.

Die meisten Unreinigkeiten, welche das Wasser bei sich führt, sind mechanisch beigemengt, und bestehen aus zusammengeschlämmtem Staube, der in der Luft umher fliegt

und vom Regen oder Schnee mit herabgespült wird. Daher setzt Regenwasser ein grauliches Pulver ab, und im geschmolzenen Schnee findet man den abgesetzten Staub ebenfalls, selbst wenn der Schnee von der Mitte grosser gefrorner Seen hergeholt wird. Daher hört man auch zuweilen von Schwefelregen, Blutregen u. dgl., das heisst von Regen, welche gelben, rothen, oder verschiedentlich gefärbten Samenstaub von Pflanzen mit sich führen, welche gerade in der Blüthe stehen. Wenn z. B. zur Blüthezeit des Wachholders und der Kiefer schnell ein Regen kommt, so findet man in waldigen Gegenden ein gelbes Pulver auf dem Wasser, welches völlig den Schwefelblumen gleicht, bei näherer Untersuchung aber sich als Samenstaub von diesen Nadelhölzern erweist, der in der Luft angehäuft war, und vom Regen herabgespült wurde.

Im Allgemeinen ist indessen das Schnee- und Regenwasser so rein, dass es zu den meisten chemischen Arbeiten gebraucht werden kann, auch mit dem destillirten Wasser einerlei specifisches Gewicht hat.

b) Vorkommen des tropfbarflüssigen Wassers auf dem Erdboden. Quellen. Der grösste Theil des atmosphärischen Wassers schlägt sich auf Höhen und Bergen nieder, theils weil die wärmere Luft der Thäler, der sumpfigen Ebenen und der Seen sich beim Aufsteigen an den Bergen abkühlt und daselbst ihr Wasser in Gestalt eines schwachen, aber fortwährenden Thaues absetzt, theils weil die Temperatur, wobei sich das Wassergas der Luft zu condensiren anfängt, nämlich der sogenannte Thaupunkt, sich nicht hoch in die Atmosphäre erstreckt, und die bis zu dieser Gegend reichenden Berge beständig das Wassergas condensiren und sich damit befeuchten; theils endlich weil die Wolken sich um hohe Punkte mehr zusammenziehen und Regen da absetzen, während das unten liegende flache Land gutes Wetter hat. Das auf Bergen gesammelte Wasser rinnt theils an ihrer Oberfläche herab und bildet Bäche, theils senkt es sich in die kleinen Klüfte derselben und zieht sich hier in die Tiefe. Am deutlichsten sieht man diesen ersten Ursprung der Quellen in den Bergwerken. Die Berge sind im Inneren nach allen Richtungen zerklüftet, und in geringer Tiefe unter Tage träufelt das Wasser aus diesen

kleinen Klüften an allen Punkten hervor; allenthalben hört man das Fallen der Tropfen, und diess vermehrt sich, je tiefer man kommt, so dass man in allen Gruben Pumpwerke zu erhalten genöthigt ist, um diese sogenannten Tagewasser heraus zu pumpen. Da diesem hineindringenden Wasser immer anderes nachfolgt, dessen Schwere es mitzutragen hat, so sucht es sich allenthalben durch die Klüfte Wege nach unten, bis es endlich auf eine Stelle kommt, wo es verhindert wird, tiefer niederzusinken, und wahrscheinlich sind die Klüfte der Berge so weit mit Wasser gefüllt, als dieses einzudringen vermag. Die Schwere der in den Klüften auf das untere Wasser drückenden Wassersäule presst dieses nach den Thälern und niederen Gegenden hin, durch Lager von Sand und Erde, wobei sich das Wasser eine oder mehrere Rinnen aushöhlt, aus welchen es auf gewissen Stellen hervorbricht und Quellen bildet. Nach der verschiedenen Gestaltung und Fortsetzung der Berge unter der Erdoberfläche können diese Quellen dem Berge, in welchem sie entspringen, entweder nahe liegen, oder entfernter von ihm hervorbrechen.

Man hat diese Ansicht von der Entstehung der Quellen deswegen verwerfen wollen, weil der eigentliche Erdboden selten etwas Wasser durch sich hindurchlässt. Man grub z. B. ein grosses Fass in den Erdboden ein, von dessen Boden aus man ein dünnes Röhrchen in einen tiefen Keller niederleitete, und fand niemals, selbst nicht nach dem stärksten Regen, dass etwas Wasser durch dieses Röhrchen durchgegangen wäre. Dagegen ist aber zu erinnern, dass es hauptsächlich die Berge sind, welche den Quellen den Ursprung geben, und dass der Erdboden, ob er gleich unter seiner Rinde überall feucht ist, dennoch sein Wasser stets zurückbehält, ungefähr so, wie ein Schwamm. In gegrabenen Brunnen hingegen sammelt sich das Wasser allmählig aus den benachbarten Erdschichten; sie füllen sich langsam, und der Wasserspiegel bleibt tief unter der Oberfläche des Bodens, je nachdem die Erdschichten mehr oder weniger reich an Wasser sind.

Die Quellwasser haben unter einerlei Klima auch fast immer einerlei Temperatur. In Schweden beträgt ihre Wärme im Sommer $+ 7^0$, und in strengen, schneearmen Wintern etwas

etwas darunter. Die Ursache dieser unveränderlichen Temperatur ist, dass die Erdrinde, wenn sie einmal bis zu einem, der wärmenden Kraft der Sonnenstrahlen in jedem Breitengrade entsprechenden Wärmegrade erwärmt ist, im Sommer zu keiner bedeutenden Tiefe weiter erwärmt, auch im Winter weiter nicht abgekühlt werden kann, sondern bis zu einem gewissen Abstande von der äusseren Rinde eine Art von Mitteltemperatur behält, die nachher nach dem Inneren der Erde zu sehr allmählig verändert wird. Diese Mitteltemperatur beträgt für Stockholm + 7°, für Paris + 12°,4, oder etwas weniger, und in wärmeren Ländern noch mehr. Die hervorbrechenden Quellwasser behalten diese Temperatur mit unbedeutenden Veränderungen bei, je nachdem sie eine längere oder kürzere Strecke durch die oberste, von der Wärme der Atmosphäre unmittelbar mehr abhängige Erdrinde durchlaufen.

Heisse Quellen erhalten ihre Wärme zuweilen von Vulcanen, oder, wenn sie nicht in der Nähe solcher liegen, wahrscheinlich von uralten vulcanischen Massen, die noch nicht erkaltet und deren oberste Lagen durch spätere Erdrevolutionen, mit Zurücklassung von Basalt-, Bimstein- und Lava-Massen, zerstört worden sind. Es giebt zweierlei Arten warmer Quellen. Die eine, welche eine vulcanische Erscheinung zu sein scheint und bisweilen noch Jahrtausende nach Verlöschen der Vulcane fortfährt, ist reich an Kohlensäuregas und an Kochsalz und Salzen von Natron mit Schwefelsäure und Kohlensäure, und enthält bisweilen auch Schwefelwasserstoffgas. Diese Quellen behalten nicht selten diesen Gehalt an aufgelösten Materien, nachdem schon ihre Temperatur bis zur mittleren Temperatur der Erde herabgesunken ist. Die andere Art enthält Chlorcalcium und Chlormagnesium, kein kohlensaures Natron und meist immer etwas Schwefelwasserstoffgas. Sie finden sich an Stellen, wo man oft keine Ueberreste ehemaliger vulcanischer Thätigkeit entdecken kann, und man glaubt, ihre Wärme könne daher rühren, dass sie aus so grosser Tiefe kommen, dass sie von der inneren Erdtemperatur erwärmt werden konnten, nach der Voraussetzung nämlich, dass die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunehme. Diese Quellen kommen immer in Urgebirgs-Gegenden vor; aber nicht in Schweden, wahrscheinlich, weil der Abstand von der Erd-

oberfläche bis zu dieser höheren Temperatur in dem Innern zu gross ist.

Das Karlsbader und Achener Wasser hat eine Temperatur von + 70° bis 90°, und das Wasser des Geysers auf Island, der in gewissen Zwischenzeiten eine Wassersäule von 19 Fuss Durchmesser mit unglaublicher Gewalt 100 Fuss hoch in die Luft treibt, ist kochend heiss. — Uebrigens zeigen die Quellen, theils in Hinsicht ihrer Temperatur, theils in ihrer Art zu fliessen, manche bewundernswerthe Sonderbarkeiten, die ich hier übergehen muss, theils weil sie in das Gebiet der Physik gehören, theils mit unseren gegenwärtigen chemischen Kenntnissen nicht erklärt werden können.

Auf ihrem Wege durch die Spalten der Berge und durch die innere Erdmasse lösen die Quellwasser eine Menge Stoffe auf, womit sie bei ihrem Hervorbrechen über Tage verunreinigt sind. Diese Stoffe sind Kieselerde, verschiedene Salze und Säuren, auch Extraktivstoff, den sie beim Durchdringen durch die oberste Erdrinde aus der Dammerde aufnehmen. Auf welche Weise das Wasser damit imprägnirt werde, ist bis jetzt noch nicht ausgemittelt; denn manche Quellen enthalten gewisse Stoffe so reichlich, dass die Umgebungen des Laufes der Quellen sie unmöglich auch nur auf ein paar Monate lang mit einem solchen Vorrathe versehen könnten. So fliessen z. B. mit dem Karlsbader Wasser jährlich 746,884 Pfund kohlensaures Natron und 1,132,923 Pfund schwefelsaures Natron hervor, ohne die übrigen beigemengten Stoffe zu rechnen. — Wahrscheinlich kommen diese Wasser in Bergen herab, deren innere Masse durch das Wasser allmählig zerlegt und aufgelöst wird, wo das Wasser sonach einen chemischen Prozess erregt, der es mit jenen Stoffen, zuweilen in solcher Menge, versieht, dass die Kunst es kaum nachzuahmen vermag. Daher muss der quantitative Gehalt solcher Wasser an fremdartigen Stoffen, nach Verschiedenheit der Umstände, verschieden sein, und daher müssen sogar dergleichen Quellen nach längerer Zeit, wiewohl vielleicht erst nach mehreren Jahrhunderten, ihren Gehalt bedeutend verändern, je nachdem die löslichen Stoffe entweder fortgeführt werden, oder in grösserer oder geringerer Menge noch zum Auflösen vorhanden sind. Welche die in

Quellwassern vorhandenen Stoffe sind, und wie man sie darin entdecken und daraus abscheiden kann, werde ich in der Folge, bei der Lehre von der chemischen Analyse, kurz auseinandersetzen.

Alle aus der Erde hervorkommenden Wasser enthalten in grösserer oder geringerer Menge eine flüchtige Säure, die Kohlensäure, und ausserdem verschiedene, in einem Ueberschusse dieser Säure aufgelöste Erdarten, insbesondere Kalk- und Talkerde, bisweilen auch oxydirtes Eisen und oxydirtes Mangan. Lässt man Quellwasser einige Zeit offen an der Luft stehen, so verflüchtigt sich der Ueberschuss jener Säure allmählig und die Erd- und Metallsalze schlagen sich darin nieder. Dasselbe geschieht, wenn man das Wasser kocht. Aus dergleichen Erdsalzen besteht die Kruste, welche sich in Theekesseln und ähnlichen Gefässen absetzt, in welchen Quellwasser gekocht wird; und wenn sich die Erden in den Quellen selbst oder in ihrem Ablaufe auf Steinen oder anderen Dingen, die im Wasser liegen, niederschlagen, so bilden sie um dieselben eigene steinartige Krusten (Incrustationen), die man auch Sinter oder Tuffe nennt. In Schweden findet man indessen keine solche reichhaltige Quellen; in wärmeren Ländern aber, und besonders in der Nähe von Vulcanen, findet man sie zuweilen häufig. Wenn man eine Münze oder irgend eine Form in eine solche Quelle legt, so bildet sich nach einiger Zeit eine Steinkruste um sie herum, die sich leicht abnehmen lässt und inwendig den Abdruck des Körpers enthält, auf welchen sie sich angesetzt hatte.

Die Quellen bilden **Bäche**, und ihr Wasser verliert beim Fortrinnen seine Kohlensäure, so dass man in Bächen und in den aus ihnen entstehenden Flüssen und Seen nicht die mindeste Spur von den sauren kohlensauren Salzen findet, welche das Quellwasser enthält. Die übrigen Salze bleiben wohl im Wasser zurück; allein da ihre Menge, gegen die der kohlensauren Salze, wenigstens in Schweden, so äusserst gering ist, so ist auch das Flusswasser reiner als Quellwasser. Das Flusswasser löst weisse und grüne Seife fast ohne Trübung auf; das Quellwasser hingegen zerlegt sie durch ihre kohlensauren Erdsalze, schlägt die fetten Bestand-

theile mit den Erdarten nieder, und pflegt im gewöhnlichen Leben hartes Wasser genannt zu werden *).

Die Flüsse sammeln sich in Seen, deren Wasser durch Pflanzen und Thiere verunreinigt wird, die darin leben und sterben. Dessen ungeachtet wird das Seewasser dadurch nur um ein Weniges unreiner, als das Flusswasser.

Die Seen bilden grosse Ströme, welche das Wasser derselben in's Meer führen. Diese grosse Wassermasse, welche den grössten Theil der Erdoberfläche einnimmt, und alle die Wasser aufnimmt, welche vom festen Lande herbeifliessen, enthält alle Salze der letztern, lässt aber ihr Wasser durch Verdunstung wieder fahren. Dadurch entsteht ein beständiger Kreislauf des Wassers, welches vom Spiegel des Meeres aus verdunstet und in Gasgestalt emporsteigt, dann über dem festen Lande, vorzüglich um dessen Höhen und Berge herum, verdichtet wird und als Regen herabfällt, nachher, auf die beschriebene Weise, Quellen, Seen und Ströme bildet und durch diese wieder in das Meer zurückkehrt. Durch diesen Kreislauf werden die letzteren beinahe unveränderlich und die lebende Natur unaufhörlich mit süssem Wasser versorgt **).

Das Meerwasser hat einen salzigen, etwas bitteren Geschmack und um die Küsten herum einen üblen Geruch. Es enthält eine Menge Salze aufgelöst, welche der Quantität

*) In mehreren nördlichen Provinzen Schwedens ist das Flusswasser fast so rein, wie das Regenwasser. Gahn fand, dass die Reagentien, welche sonst die meisten natürlichen Wasser trüben, auf das Wasser im Fahlun-Flusse gar nicht wirkten. Kocht man dieses Wasser ein, so hinterlässt es eine dünne gelbliche Haut, die meist aus Extraktivstoff besteht, in welchem aber doch die Reagentien eine Spur von Kochsalz andeuten. Von schwefelsauren Salzen findet sich keine Spur darin.

**) Es ist die Frage gewesen, ob bei der Verdunstung des Wassers vom Meere nicht auch etwas Kochsalz mit verdunste, da in der Nachbarschaft des Meeres in der That Kochsalz in der Luft enthalten ist und man dasselbe auch dort im Regenwasser findet. Allein dieses Salz ist nicht in die Luft abgedunstet; sondern gelangt auf die Weise hinein, dass bei dem heftigen Schäumen der Wellen unendlich viele Tröpfchen als feiner Wasserstaub emporgeworfen werden, welche, vom Winde weiter geführt, verdunsten und ihren Salzgehalt in so kleinen Partikeln zurücklassen, dass sie lange in der Luft schwebend bleiben können, ehe sie sich daraus absetzen.

nach $3\frac{3}{4}$ bis 4 Procent vom Gewichte des Wassers betragen, und wovon das Kochsalz den grössten Theil ausmacht, wiewohl es niemals über $2\frac{3}{4}$ Procent vom Gewicht des Wassers beträgt. Die übrigen Salze bestehen aus Chlorcalcium, Chlormagnesium und schwefelsaurem Natron.

Nach Marcet's Analyse enthält das Meerwasser auf 1000 Theile:

26,6 Chlornatrium oder Kochsalz,
4,66 schwefelsaures Natron,
1,232 Chlorcalcium,
5,154 Chlormagnesium,

alle Bestandtheile im wasserfreien Zustande berechnet. Wollaston hat gefunden, dass das Meerwasser ausserdem auch Chlorkalium und schwefelsaures Kali, jedoch nicht über $\frac{1}{2000}$ vom Gewichte des Wassers, enthalte, und Marcet hat gezeigt, dass keine Spur von salpetersauren Salzen darin enthalten sei. Dagegen setzt es beim Abdampfen eine nicht unbedeutende Menge kohlensauren Kalkes ab. Dieser im Meerwasser aufgelöste kohlensaure Kalk scheint das Material zu sein, wovon die Schalthiere im Meere die Masse zur Bildung ihrer Schalen nehmen. Neben diesen Bestandtheilen enthält das Meerwasser kleine Quantitäten von Brom und Jod, verbunden mit Natrium und Magnesium.

Man glaubt, der Salzgehalt rühre von Steinsalzlagern her, welche das Meer bespüle und auflöse, und werde Jahr aus Jahr ein durch die Salze vermehrt, welche die Ströme ihm zuführen. Zwar ist der Salzgehalt des Meeres an manchen Stellen sehr verschieden, nach dem ungleichen Süsswassergehalte der hineinfallenden Ströme; die Winde aber und die dadurch verursachten Meerströme mengen das Wasser so untereinander, dass die Unterschiede nicht sehr bedeutend sind. In Meerbusen, welche eine enge Mündung haben, z. B. in der Ostsee und im schwarzen Meere, ist der Salzgehalt geringer als im grossen Weltmeere; im Mittelmeere ist er hingegen etwas grösser. Nach den Polen zu ist das Wasser weniger salzig, als nach den wärmeren Ländern hin, ungeachtet, wegen des beständigen Durchmengens des Wassers, der Unterschied weniger bedeutend ist. Auch beim Gefrieren des Meeres erstarrt nur das reine Wasser, das aufgethaute Eis enthält wenig Salz und giebt ein süsses, trinkba-

res Wasser. Zunächst unter dem Eise, wo das Wasser dem Gefrierpunkte am nächsten ist, ist es nur wenig salzig, nimmt aber tiefer hinab nach und nach am Salzgehalte zu, so dass es in 3 bis 4 Fuss Tiefe so salzhaltig, wie überall, ist. — Nach den zwischen 60° nördlicher und 40° südlicher Breite angestellten Wägungen, wechselt die specifische Schwere des Meerwassers, bei + 17°, zwischen 1,0285 und 1,0269.

Man hat das Meerwasser auf mancherlei Weise zu reinigen und trinkbar zu machen gesucht; allein nur zwei Arten sind geglückt, und auch diese sind mit so viel Schwierigkeiten verknüpft, dass sie bei Seereisen wenig brauchbar sind. Die eine ist die Destillation, die andere das Durchseihen des Wassers durch Sand. Wenn man in einem Filtrirapparat, welcher die Gestalt eines umgekehrten Hebers hat, Wasser durch eine 15 Fuss hohe Säule von trockenem Sande laufen lässt, so wird das Wasser, welches zuerst herauskommt, süss und trinkbar; allein nach einer Weile fängt das durchgehende Wasser schon an, salzig zu werden, und wird es nach und nach immer mehr, bis es zuletzt salziger ist, als vorher, weil das Salz, welches zuerst im Sande zurückblieb, allmählig wieder mit herausgespült wird. Der Sand muss dann entweder gewechselt, oder mit reinem Wasser ausgewaschen werden, welches auf der See unmöglich ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist, dass die Sandkörner, gleich den Haarröhrchen, das Wasser in ihren Zwischenräumen in die Höhe ziehen. Da diess im ersten Anfange des Verfahrens mehr von Attraction abhängt, als von dem Drucke des nachfolgenden Wassers, so wird das Salz zum Theil von seinem Wasser getrennt, und dieses dringt reiner in die Zwischenräume des Sandes ein und füllt sie aus. Wenn man nun, nachdem die Sandmasse völlig angefeuchtet ist, mehr Meerwasser daraufgiesst, so wird durch dessen Schwere zuerst das reine Wasser herausgetrieben, dann aber, wenn die Zwischenräume des Sandes gewaltsam mit Meerwasser angefüllt werden, kommt ein immer salzigeres Wasser zum Vorschein. Man erhält sonach bei diesem Durchseihen nur so viel reines Wasser, als die Zwischenräume eines gewissen, durch die Höhe der Sandsäule und der Salzigkeit des Meerwassers bestimmten Stückes jener Säule enthalten konnten. Man hat sich kürzlich auf der, von der französischen Regie-

rung unter Capitain **Freycinet** ausgerüsteten Entdeckungs-Expedition mit Erfolg der Destillation von Meerwasser zur Gewinnung trinkbaren Wassers zu bedienen versucht, indem der Destillationsapparat so eingerichtet war, dass das Wasser mit dem Ueberschusse der Wärme bei der Zubereitung der Speisen destillirt wurde.

Zum Waschen kann das Meerwasser so weit gereinigt werden, dass es die Seife nicht zerlegt, wenn man es nämlich vorher mit Pottasche mengt, wodurch die Erdsalze gefällt werden.

Destillirtes Wasser. Will man ein vollkommen reines Wasser haben, so muss es destillirt werden. Bei der Destillation bleiben die Salze im Destillationsgefässe zurück, und das reine Wasser, welches in Gasgestalt übergeht, sammelt sich im Kühlapparate in flüssiger Gestalt. Sie geschieht in ähnlichen Gefässen, wie beim Branntweinbrennen. Man darf nicht mehr als $\frac{2}{3}$ des Wassers abdestilliren, weil es sonst vom Rückstande leicht brenzlich wird. In Apotheken pflegt man das Wasser in denselben Gefässen, die man zur Destillation von Alkohol und Weingeist gebraucht, zu destilliren; diess führt aber einen doppelten Nachtheil mit sich. Das, was vom Alkohol in der Kühlröhre zurückbleibt, säuert sich beim Zutritt der Luft, und bildet essigsaures Kupfer, welches sich während der Destillation auflöst und das Wasser kupferhaltig macht. Daher wird ein solches destillirtes Wasser sehr oft blau, wenn es nach einer gelinden Abdunstung mit Ammoniak vermischt wird; auch bekommt es durch Schwefelwasserstoffgas eine bräunliche Farbe. Diess kann zuweilen von einer, durch andere reagirende Mittel nicht zu entdeckenden geringen Menge Kupfer herrühren. Ausser diesem Kupfergehalte kann aber das Wasser auch noch unzerstörten Weingeist enthalten, der sich dann allmählig zerlegt, und wovon nach einigen Wochen das Wasser trübe wird und einen schleimigen Bodensatz absetzt. Zu ganz genauen chemischen Versuchen muss das Wasser in Metallgefässen destillirt und in einer zinnernen Kühlröhre verdichtet werden. Die Kühlgeräthschaft muss entweder von reinem Zinn oder von stark verzinntem Kupfer sein. Sie darf keine Löthung von Zinn und Blei haben, weil sonst das Wasser immer zinn- und bleihaltig wird. Glasgefässe eignen sich hierzu weniger gut,

weil das Glas in dem Retortenhalse, wo sich die Dämpfe condensiren, gewöhnlich angegriffen wird und man ein unreines Wasser bekommt. Wenn man zur Destillation Brunnenwasser anwenden muss, welches fast immer Chlormagnesium und zugleich freie Kohlensäure aufgelöst enthält, so muss man vor der Destillation ein wenig Kalkhydrat zusetzen, weil man sonst ein sowohl kohlensäure- als salzsäurehaltiges Destillat bekommt. Die Versäumniss dieser Vorsicht war Ursache, dass viele Chemiker geglaubt haben, man könne durch Destillation kein von letzterer Säure vollkommen freies Wasser erhalten. Bei vieler Vorsicht kann man auf diese Weise ein Wasser erhalten, welches vollkommen rein und ohne allen Geschmack und Geruch ist; allein die geringste Unvorsichtigkeit beim Feuern giebt ihm einen eigenen, ein wenig brenzlichen Geschmack, dem von frisch aufgethautem Schneewasser nicht unähnlich.

Wasserstoffsuperoxyd.

Der Wasserstoff kann noch einmal so viel Sauerstoff, als womit er im Wasser verbunden ist, aufnehmen, und bildet damit ein Superoxyd, welches 1818 von Thénard entdeckt worden ist, und dessen merkwürdige Eigenschaften viel Aufklärung über verschiedene wichtige Gegenstände der chemischen Theorie zu versprechen scheinen. Man erhält dasselbe, nach Thénard's Vorschrift, auf folgende Weise:

Bariumsuperoxyd*), welches von allen fremdartigen Beimengungen so rein wie möglich sein muss, wird in einem Mörser mit Wasser übergossen, und damit zusammengerieben; es verbindet sich dabei mit dem Wasser und zerfällt zu einem weissen Pulver. Man bringt dasselbe hierauf in kleinen Portionen in verdünnte Chlorwasserstoffsäure, worin es sich auflöst, ohne dass irgend etwas Gasförmiges dabei entwickelt wird. Sobald die Säure damit gesättigt ist, setzt man verdünnte Schwefelsäure in kleinen Mengen so lange zu, bis die Baryterde wieder ausgeschieden ist, worauf die dann in

*) Dieses Bariumsuperoxyd wird so bereitet, dass man reine salpetersaure Baryterde in einer Retorte von echtem Porzellane brennt, dann die Erde herausnimmt und von Neuem in einer Porzellanröhre erhitzt, durch welche wasser- und kohlensäurefreies Sauerstoffgas geleitet wird.

Freiheit gesetzte Säure wieder mit Superoxyd gesättiget und die Baryterde abermals durch verdünnte Schwefelsäure niedergeschlagen wird. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Papier und wäscht das auf dem Filtrum Zurückbleibende mit ein wenig kaltem Wasser aus. Das, was hierbei noch auf dem Filtrum bleibt, wird vom Papier abgenommen, mit mehr Wasser versetzt und wieder abfiltrirt, und die dabei durchgegangene Flüssigkeit beim ferneren Verlaufe der Arbeit als Waschwasser gebraucht.

Die zuerst abfiltrirte saure Flüssigkeit wird hierauf von Neuem mit Bariumsuperoxyd bis zur Sättigung der Säure gemischt, hierauf die Baryterde wieder mit Schwefelsäure gefällt, und auf diese Weise die Arbeit, durch abwechselndes Sättigen, Niederschlagen und Filtriren, 3 bis 6 und mehrere Male wiederholt, so lange, bis die Flüssigkeit ihr 50-faches Volumen Sauerstoff aufgenommen hat. Setzt man sie noch länger fort, so verliert man mehr dabei, als man gewinnt, weil das Sauerstoffgas mit Aufbrausen zu entweichen anfängt*).

Die nunmehr erhaltene Flüssigkeit wird abermals mit Bariumsuperoxyd gesättigt, sodann der vollständigen Sättigung wegen noch mit Barytwasser vermischt und hierauf in Schnee oder Eis gestellt. Dabei schlägt sich etwas Kieselerde, welche durch die Säure aus dem Bariumsuperoxyd aufgelöst worden ist, so wie eine geringe Menge Eisen- und Manganoxyd nieder. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Leinwand, und drückt das, was im Seihtuche zurückgeblieben ist, aus. Diess muss mit der grössten Schnelligkeit geschehen, weil sonst das Sauerstoffgas durch die Berührung mit den niedergeschlagenen Oxyden ausgeschieden zu werden, und mit schwachem Aufbrausen zu entweichen anfängt. Während dessen muss die Flüssigkeit eiskalt er-

*) Man kann die Menge des Sauerstoffgases in der Auflösung ausmitteln, wenn man ein kleines Maass davon über Quecksilber in eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre füllt, und dann ein wenig Braunstein hineinbringt, wo sodann das Sauerstoffgas sich mit Brausen entwickelt, und der Raum, den es einnimmt, mit dem Maasse der vorher eingelassenen Flüssigkeit verglichen werden kann. Thénard schreibt jedoch vor, dass letztere vorher verdünnt werden soll.

halten und, wenn sich nach den Filtriren noch ein neuer Antheil von Oxyd aus derselben ausscheidet, sogleich wieder durchgeseihet werden. Am besten ist es, sich dazu mehrerer Filtra auf einmal zu bedienen, um das Filtriren desto schneller zu beendigen, dann aber die Filtra mit den Rückständen zusammen in ein leinenes Tuch zu legen, und das darin zurückgebliebene Liquidum auszupressen. War viel Manganoxyd darin anwesend, so erhitzt sich dasselbe dabei dergestalt, dass man es beim Auspressen kaum in den Händen halten kann. Diese schädliche Wirkung des Manganoxyds kann man indessen, nach einer späteren Angabe von Thénard, aufheben, wenn man es in phosphorsaures Manganoxyd verwandelt, dadurch, dass man der zuletzt mit Schwefelsäure ausgefällten Flüssigkeit etwas Phosphorsäure zusetzt, (2 bis 3 Th. concentrirte Säure auf 100 Th. verbrauchtes Superoxyd), und die Flüssigkeit dann wieder mit Bariumsuperoxyd übersättigt, wodurch phosphorsaures Manganoxyd niedergeschlagen wird.

Die Baryterde wird darauf mittelst verdünnter Schwefelsäure aus der Flüssigkeit niedergeschlagen, diese aber dabei stets mit Eis umgeben erhalten. Hierauf wird derselben schwefelsaures Silberoxyd zugesetzt, das aber weder metallisches Silber, noch freies Silberoxyd enthalten darf; hier verbindet sich das Chlor der Chlorwasserstoffsäure mit dem Silber des Silberoxyds und die Schwefelsäure wird in der Flüssigkeit frei. Sobald alle Chlorwasserstoffsäure abgeschieden ist, klärt sich die Flüssigkeit, die vorher trübe war, und wird nun schnell abgegossen. Sollte aber etwas schwefelsaures Silberoxyd im Ueberschusse zugesetzt sein, so muss das Silberoxyd wieder sorgfältig mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure niedergeschlagen werden.

Die Flüssigkeit wird nun wieder filtrirt, und sobald sie völlig klar ist, und weder Silber noch Chlorwasserstoffsäure mehr enthält, in einem eiskalten Mörser mit Baryterdehydrat zusammengerieben, welches in kleinen Mengen so lange zugesetzt wird, bis die Schwefelsäure beinahe gesättigt ist. Sobald die Flüssigkeit auf Lackmuspapier nur noch unbedeutend sauer reagirt, wird sie abermals filtrirt und der Niederschlag ausgepresst, dann aber vollkommen mit Barytwasser gesättigt, um alle Spuren von Manganoxyd völlig daraus zu

entfernen, hierauf aber unter den oben angegebenen Vorsichtsmaassregeln nochmals filtrirt.

Die Flüssigkeit, welche nun aus Wasserstoffsuperoxyd und etwas Baryterde besteht, die zusammen im Wasser aufgelöst sind, wird durch die anwesende Erde leicht zersetzt, hält sich aber besser, wenn sie einen kleinen Ueberschuss von Säure enthält, daher man die Erde wieder daraus niederschlagen und einen äusserst geringen Ueberschuss an Schwefelsäure zusetzen muss. Die filtrirte Flüssigkeit wird nun im luftleeren Raume über Schwefelsäure abgedunstet, wobei man ganz nach Leslie's Methode der Eisbildung verfährt. Das Wasser ist flüchtiger, als das Superoxyd, welches durch die Verdunstung zunehmend concentrirt wird. Dabei muss die Schwefelsäure unter dem Recipienten von Zeit zu Zeit umgeschüttelt werden, weil sonst ihre Oberfläche mit Wasser gesättigt wird und kein Wassergas mehr verschluckt. Wenn nach einer gewissen Dauer der Verdunstung ein Brausen in der Flüssigkeit entsteht, muss dieselbe sogleich herausgenommen und, wenn sie sich warm anfühlt, im Eise abgekühlt werden. Man findet dann gewöhnlich einige Flocken eines fremden Stoffes darin, von welchen das Gas aufsteigt, und wodurch die Flüssigkeit sich gewöhnlich erwärmt und gänzlich zerlegt werden würde, wenn man diese Flocken nicht daraus entfernte. Man zieht daher das klare Liquidum von diesen ab, die oft nicht einmal wägbar sind, und bringt es von Neuem in den luftleeren Raum, um die Abdunstung fortzusetzen. Gegen das Ende steigen dicke Blasen auf, die schwer zerplatzen, und man sollte glauben, dass viel Sauerstoffgas dabei entwiche; allein es zeigt sich, dass dessen ungeachtet das Quecksilber in der Probe binnen 24 Stunden kaum merklich steigt. Zuletzt bleibt wasserfreies, oder doch beinahe wasserfreies Wasserstoffsuperoxyd zurück.

Pelouze hat diese Darstellungsweise des Wasserstoffsuperoxyds neuerlich bedeutend abgekürzt. Er wendet nämlich zur Zersetzung des Bariumsuperoxyds verdünnte Fluorwasserstoffsäure (oder auch Kieselfluorwasserstoffsäure) statt Chlorwasserstoffsäure an, wodurch sich die Baryterde mit der Säure sogleich als unauflösliches Fluorbarium abscheidet und bloss Wasserstoffsuperoxyd im Wasser gelöst bleibt. Nachdem man, unter steter Abkühlung der Flüssigkeit, eine

hinreichende Menge Säure mit Bariumsuperoxyd gesättigt hat, filtrirt man das entstandene, noch verdünnte Wasserstoffsuperoxyd vom Fluorbarium ab, und concentrirt es unter der Luftpumpe.

Das Wasserstoffsuperoxyd ist eine syrupdicke, farblose Flüssigkeit. Es ist schwerer als Wasser; sein spec. Gewicht ist 1,452. Es gefriert noch nicht bei — 30°. Es besitzt einen eigenthümlichen, widrigen Geschmack, nicht unähnlich dem der Bleichflüssigkeit. Auf der Haut erzeugt es nach wenigen Augenblicken einen weissen Fleck, und erregt eine stechende Empfindung, die aber beide nach einigen Stunden wieder gänzlich verschwinden. Es bleicht und zerstört alle Pflanzenfarben. Im Allgemeinen ist seine Wirkung so heftig, dass sie nicht gut beobachtet werden kann, wenn man es nicht mit einigen Maasstheilen Wassers verdünnt.

Wirft man gepulvertes Mangansuperoxyd in das Wasserstoffsuperoxyd, oder kocht man es, so entwickelt es sein 475faches Volumen Sauerstoffgas, das Volumen beider bei + 14° Temperatur und 76 Centimeter Barometerhöhe gemessen. Es besteht aus einem Atom oder Volumen Sauerstoff und einem Volumen Wasserstoff. Sein Atom, das man mit $\dot{H}$ bezeichnen kann, wiegt 106,240. In 100 Theilen besteht es aus 5,87 Th. Wasserstoff und 94,13 Th. Sauerstoff.

Die ausgezeichnetste seiner Eigenschaften ist, dass es bei Berührung mit verschiedenen festen, besonders pulverförmigen Körpern, vorzüglich aber mit den Metallen: Gold, Silber, Platin, Palladium und Quecksilber oder deren Oxyden, oder auch, wie wir eben schon sahen, bei der Berührung mit Superoxyden anderer Metalle, mit vieler Heftigkeit in Sauerstoffgas und Wasser zerlegt wird. Ist die Flüssigkeit verdünnt, so entsteht durch das Entweichen des Sauerstoffgases ein starkes Aufbrausen, und das Gemisch wird warm, oft so, dass man es nicht mehr in der Hand halten kann. War das Wasserstoffsuperoxyd concentrirt, und lässt man einen Tropfen davon auf einen jener Körper in Pulvergestalt fallen, so geschieht die Zersetzung mit einer Explosion, und man sieht im Dunkeln einen schwachen Feuerschein. Bedient man sich hierzu, anstatt der fein zertheilten edlen Metalle selbst, ihrer Oxyde, so ist die Explosion noch weit stärker; das Metall wird reducirt und sein Sauerstoff entweicht zu-

gleich mit dem Sauerstoff des Wasserstoffsuperoxyds. Diess geschieht selbst dann, wenn das letztere mit Wasser verdünnt ist, und folglich durch die Zerlegung keine so hohe Temperatur hervorgebracht wird, dass man annehmen könnte, das Metalloxyd sei dadurch zu Metall reducirt worden.

War das Superoxyd sehr mit Wasser verdünnt, so werden die Oxyde so zerlegt, dass ein Theil des Sauerstoffs entweicht und eine niedrigere Oxydationsstufe zurückbleibt. Thénard hat solche niedrigere Oxydationsstufen von Gold und Silber erhalten, die bisher unbekannt gewesen zu sein scheinen.

Leicht oxydirbare Metalle, deren Oxyde Säuren bilden, veranlassen ebenfalls eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxyds; allein der Sauerstoff des letztern geht dann nicht fort, sondern verbindet sich mit dem Metalle, welches er zur Säure oxydirt. Diess ist der Fall mit Selen, Arsenik, Wolfram und Molybdän. Die zwei erstern oxydiren sich unter Erscheinung von Feuer, wenn das Superoxyd nicht zu sehr verdünnt ist. — Dagegen wird das Superoxyd von solchen Metallen oder deren Oxyden nicht verändert, deren Oxyde Salzbasen bilden.

Einige thierische Stoffe wirken auf dieselbe Weise auf das Superoxyd, wie die edlen Metalle, z. B. der Faserstoff des Blutes, welcher das Sauerstoffgas daraus austreibt, während das Eiweiss das Superoxyd unverändert lässt.

Ein geringer Gehalt von Säure schützt das Wasserstoffsuperoxyd, wie ich schon oben erwähnte, vor der Zerlegung; wogegen Auflösungen der Alkalien dieselbe auf eine so ganz ausgezeichnete Weise beschleunigen, dass das Superoxyd selbst durch die blosse Berührung mit Glas, und ohne einen andern Zusatz, die Flaschen zersprengt, worin es eingeschlossen ist. Dagegen kann man es mit Säure gemischt aufbewahren, wenn man es in einer niedrigen Temperatur hält, und gewisse Säuren, zu welchen die Fluorwasserstoff- und Phosphorsäure gehören, haben die Eigenschaft, dasselbe in verdünntem Zustande, und sogar wenn es bis zum Kochen erhitzt wird, zu bewahren.

Diess sind die Hauptsachen, welche wir durch Thénard's sehr interessante Versuche über diesen Körper bis jetzt kennen. Thénard glaubte anfänglich, dass die Säuren,

womit das Bariumsuperoxyd zerlegt wird, überoxydirt würden, und bemühte sich, diese überoxydirten Säuren kennen zu lernen. Allein da er niemals eine Vermehrung des Sauerstoffs der angewandten Säuren in irgend einem Verhältnisse auffinden, auch eben so wenig einen Unterschied zwischen den Salzen dieser vermeintlich überoxydirten Säuren und den Salzen der gewöhnlichen Säuren entdecken konnte, so fing er endlich an, zu untersuchen, ob nicht der Sauerstoff vom Wasser aufgenommen werde, und es gelang ihm endlich, nach einer Reihe von mühsamen und kostbaren Versuchen, das Wasserstoffsuperoxyd für sich darzustellen und dessen Natur zu bestimmen.

Ich habe bis hierher bloss Thatsachen angeführt, ohne eine Erklärung oder Meinung darüber beizufügen, und werde nunmehr versuchen, diese Thatsachen, so weit es bis jetzt möglich ist, unter eine allgemeine Ansicht zusammen zu stellen.

Das Superoxyd des Bariums ist eins von den wenigen Superoxyden, welches sich mit Wasser verbinden lässt; und zwar nimmt dasselbe eine solche Menge davon auf, dass der Sauerstoff des Wassers dem überschüssigen Sauerstoff des Superoxyds gleich ist. Die starke Verwandtschaft der Baryterde zu den Säuren macht, dass jene in Berührung mit diesen sich sowohl vom Wasser, als auch von ihrem überschüssigen Sauerstoffe losreisst, welche beide in dem Augenblicke, wo diese Trennung geschieht, schon verbunden sind, in dieser Verbindung bleiben und das Superoxyd des Wasserstoffs bilden. Eben dasselbe würde auch natürlicherweise bei jedem andern Superoxyde eintreten, welches Wasser enthält; allein bei wasserfreien Superoxyden tritt diese Erscheinung nicht ein, sondern bei deren Zerlegung durch Säuren entweicht entweder der Sauerstoff in Gasgestalt, oder verbindet sich mit den Bestandtheilen der Säure, wenn diese Verwandtschaft zu ihm haben. — Die Behandlung des Bariumsuperoxyds mit Schwefelsäure würde das Verfahren bedeutend abkürzen; allein Thénard fand, dass in diesem Falle der Sauerstoff grösstentheils in Gasgestalt entweicht, und daher rührt der weite Umweg, den man bei Bereitung des Wasserstoffsuperoxyds einschlagen muss. Die Chlorwasserstoffsäure durch Silberoxyd auszuscheiden, geht eben so we-

nig an, weil das Wasserstoffsuperoxyd vom Silberoxyd zerlegt wird.

Die Eigenschaft des Wasserstoffsuperoxyds, in Berührung mit edlen Metallen oder deren Oxyden, unter Wärmeentwickelung, in Wasser und Sauerstoff zerlegt zu werden, und zugleich diese Oxyde zu Metall zu reduciren, ist eine Erscheinung, welche wir bis jetzt noch nicht erklären können. Wir sehen hier keine chemische Verwandtschaft wirken, vielmehr umgekehrt eine schon bestehende chemische Verbindung aufgehoben, und dabei die Temperatur mitunter bis zum Ausbruche von Feuer sich erhöhen. Thénard hat die Vermuthung geäussert, dass diese Wirkung elektrisch sein könne. Diese Muthmassung wird zwar durch unsere bisherigen Kenntnisse von der Elektricität nicht gerechtfertigt, gleichwohl aber dadurch bekräftigt, dass alle diejenigen Körper, welche bei Berührung des Wasserstoffsuperoxyds dieses letztere zerlegen, sich in der elektrischen Reihe gegen das Wasser elektronegativ verhalten; dagegen bleibt das Superoxyd in Berührung mit solchen Körpern unverändert, welche gegen das Wasser elektropositiv oder indifferent sind. — Wenn man der Flüssigkeit, welche das Wasserstoffsuperoxyd enthält, eine lösliche Säure beimengt, so tritt die Flüssigkeit dadurch zur Klasse der elektronegativen Körper über und geräth in eine elektrische Indifferenz, oder nimmt wenigstens einen bedeutend geringeren elektrischen Gegensatz gegen feste elektronegative Körper an, und das Wasserstoffsuperoxyd erhält sich dabei unzerlegt. Vermischt man aber die Flüssigkeit mit einem darin löslichen alkalischen Stoffe, so geht sie dadurch zur Klasse der elektropositiven Körper über; der elektrische Gegensatz zwischen ihr und den mit ihr in Berührung stehenden, mehr oder weniger elektronegativen Körpern wird verstärkt, und das Superoxyd nunmehr mit Heftigkeit zerlegt, und zwar selbst durch solche Körper, die so wenig ausgezeichnet elektronegativ sind, dass sie in ihrem reinen Zustande wenig darauf wirken.

Wiewohl wir hiernach nicht wohl einsehen können, warum und auf welche Weise dieser elektrische Gegensatz zwischen dem liquiden Superoxyde und den mit demselben in Berührung kommenden festen Körpern eine Zerlegung desselben hervorzubringen vermöge, so können wir doch durch

diese Ansicht jene Erscheinung auf ein allgemeines Verhalten zurückführen, welches uns möglich macht, *a priori* zu bestimmen, welche Körper eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxyds hervorbringen, oder nicht. Ob die hierbei stattfindende Entwickelung von Wärme eine Folge des elektrischen Gegensatzes, oder eines bei der Zersetzung selbst eintretenden Umstandes sei, ist schwer zu entscheiden.

Befeuchtung, Auflösung und Krystallisation.

Ehe ich die Lehre vom Wasser verlasse, muss ich noch von einigen chemischen Erscheinungen sprechen, deren nähere Kenntniss uns zur Beschreibung der übrigen Körper nothwendig ist. Diese sind Befeuchtung, Auflösung, und Krystallisation eines in Wasser aufgelösten Körpers.

Befeuchtung. Fast alle Körper, welche das Wasser berührt, werden davon nass, und das Wasser dringt in ihre Poren ein. Im Vorhergehenden haben wir gesehen, dass poröse Körper aus der Luft Wasser condensiren, und fast alle feste Körper haben die Eigenschaft, auf ihrer Oberfläche eine Portion Wasser zu behalten, welches nur bei sehr hoher Temperatur wegtrocknet, weil es durch Adhäsion einen bedeutenden Theil seiner Tension verloren hat. Vor allem ist diese Wirkung des Wassers bemerkbar auf festen organischen Körpern, besonders den thierischen, welche in getrocknetem Zustande gewöhnlich hart und halb durchscheinend sind, aber durch Einsaugen von Wasser die ihnen eigenthümliche Biegsamkeit, Zähigkeit und Farbe erhalten, die sie nicht durch Eintränkung in Salzwasser, Weingeist oder Oel bekommen. Diese Wirkung des Wassers steht gerade auf der Grenze zwischen den mechanischen und chemischen Erscheinungen.

Die Ursache, dass ein fester Körper von einer Flüssigkeit nass wird, liegt darin, dass die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit eine grössere Anziehung zu dem festen Körper haben, als zu einander selbst, welches auch die Ursache des Einsaugens von Flüssigkeiten in Haarröhrchen ist. Es wird in diesen Fällen, nach Pouillet's Versuchen, Wärme entwickelt, welche jedoch meistens wenig bemerkbar ist, indem sie nur $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad beträgt; aber bei der Befeuchtung von vegetabilischen und thierischen Materien mit Wasser entsteht eine Temperatur-Erhöhung von 2 bis 5 Grad. Diese

Diese Entwickelung von Wärme findet auch beim Anfeuchten mit Weingeist, Aether, Oelen u. a. statt.

Auflösung heisst, wenn sich ein fester Körper mit einer Flüssigkeit (einem tropfbarflüssigen Körper) so verbindet, dass er in dieser Verbindung flüssig wird, z. B. wenn ein Salz im Wasser gelöst wird. Die Flüssigkeit nennt man dann das Lösungsmittel, der vorher feste Körper heisst aufgelöst, und die neue Verbindung eine Auflösung. Kein Vergrösserungsglas entdeckt eine Spur von ungleichartigen Stoffen darin, sondern alles zusammen bildet eine gleichartige Masse. — Man unterscheidet zuweilen Lösung und Auflösung; das letztere deutet dann an, dass der feste Körper, um aufgelöst zu werden, in seiner Zusammensetzung verändert werden muss; z. B. wenn kohlensaurer Kalk in Salzsäure aufgelöst wird, wobei die Kohlensäure ausgetrieben wird; oder wenn sich ein Metall in einer Säure auflöst und entweder diese oder das mit anwesende Wasser zersetzt, um sich während des Auflösens oxydiren zu können. Ich habe auf diese Unterscheidung niemals Rücksicht genommen, da sie besser durch die Natur der in Frage kommenden Körper, als durch Worte bestimmt wird.

Hier ist nur von derjenigen Art der Auflösung die Rede, bei welcher keine chemische Eigenschaft des Körpers durch die Verbindung verändert wird, wie z. B. die Lösung des Salzes in Wasser, nicht aber von einer solchen, wo durch die Verbindung des festen Körpers mit dem Lösungsmittel ein neuer, dem vorigen in seinen Eigenschaften unähnlicher Körper entsteht, wie wenn Alkalien oder Erdarten sich mit Säuren verbinden und Salze bilden.

Das allgemeine Lösungsmittel ist das Wasser; doch können auch alle andere flüssige Körper, z. B. Alkohol, Naphtha, Essig, geschmolzene Metalle u. s. w., Lösungsmittel abgeben. Man sollte wohl auch die Wärme als Lösungsmittel, und alle geschmolzene Körper, als in Wärme aufgelöst, betrachten können. Man nannte früherhin das Schmelzen eine einfache Lösung, und die Auflösung in einer Flüssigkeit eine zusammengesetzte, weil zur Verwandlung eines festen Körpers in die tropfbarflüssige Gestalt die Aufnahme von Wärme erforderlich ist, und derselbe sonach

durch Wärme und Flüssigkeit zugleich aufgelöst werden muss.

Auflösungen werden durch Wärme erleichtert, nicht allein in sofern, dass die Lösung schneller erfolgt, sondern auch dadurch, dass warme Auflösungsmittel weit mehr als kalte auflösen. Je feiner der feste Körper gepulvert ist, und je mehr das Lösungsmittel damit umgeschüttelt wird, desto rascher geht die Lösung von statten, weil im ersteren Falle die Oberfläche des festen Körpers um so viel grösser, und im letzteren Falle das Lösungsmittel um so viel öfters gewechselt wird. Lässt man ein Gemenge von Salz und Wasser in völliger Ruhe stehen, so löst das Wasser unten so viel auf, als es vermag, und das Wasser wird oben wenig Salz halten, weil das salzhaltigste wegen seiner Schwere am Boden zurückbleibt; schüttelt man aber dann das Gemenge um, so erfolgt die Lösung des Salzes von Neuem und es wird nun gleichförmig in der Lösung vertheilt. Die Wärme befördert eine Lösung auch noch durch die Strömung, die sie in der kälteren Flüssigkeit veranlasst, wie ich oben durch Fig. 3. Taf. I. gezeigt habe.

Die Zunahme der Löslichkeit mit der Temperatur ist für ungleiche Substanzen sehr verschieden. Bei manchen nimmt die Löslichkeit mit zunehmender Temperatur für jeden Grad in stets wachsendem Verhältniss zu bis zu dem Kochpunkt der Auflösung. Bei anderen wächst die Löslichkeit bis zu einer gewissen Temperatur, und vermindert sich alsdann wieder, so dass bei zunehmender Temperatur eine gewisse Menge des aufgelösten Körpers sich wieder abscheidet. Bei anderen wieder geht die Zunahme der Löslichkeit in steigender Proportion bis zu einer gewissen Temperatur, über welche hinaus diese Eigenschaft in umgekehrtem Verhältniss wieder abnimmt. Bei mehreren endlich bleibt sich diese Zunahme bei allen Temperaturgraden gleich; und bei einer kleinen Anzahl bemerkt man gar keine Zunahme der Löslichkeit mit der Temperatur.

Wenn ein Lösungsmittel bei einer gegebenen Temperatur von einem gewissen Körper nichts mehr auflösen kann, so sagt man, es sei damit **gesättiget**. Es kann jedoch, wenn es mit einem Stoffe gesättiget ist, auch noch einen andern auflösen. Wenn z. B. Salpeter in Wasser gelöst

wird, bis dieses nichts mehr davon aufnehmen kann, so wird das Wasser mit Salpeter gesättigt; setzt man aber dieser Salpeterlösung sodann noch schwefelsaures Natron (Glaubersalz) hinzu, so löst dieselbe noch einen guten Theil davon auf, und kann nachher noch einen dritten, vierten Stoff u. s. w. auflösen.

Oft kann die Lösung dabei, durch die Verwandtschaft der Salze, ein neues Vermögen bekommen, von einem oder dem anderen Salze mehr aufzulösen, womit sie vor der Vermischung schon gesättigt war; so kann z. B. Wasser, welches vorher Salpeter bis zur vollen Sättigung, dann aber Kochsalz auflöst, nachher noch mehr Salpeter lösen, wenn die Lösung von Neuem damit gemengt wird. Dabei entsteht bis zu einem gewissen Grade ein Austausch zwischen den Säuren und Basen, so dass man 4 Salze statt zweier in der Auflösung hat und folglich die ganze Erscheinung eine Täuschung ist. Denn Chlorkalium z. B. wird durch Mengung mit Chlornatrium nicht löslicher im Wasser, und eben so wenig das salpetersaure Kali durch Mengung mit salpetersaurem Natron.

Wenn eine Auflösung, sie mag gesättigt sein oder nicht, auf einer kalten Stelle stehen bleibt, wo sie allmählig bis zum völligen Gefrieren abgekühlt wird, so wird ihr äusserer Umfang, welcher zuerst erkaltet, weniger salzhaltig, als ihr Inneres, bis zuletzt, wenn alles erstarrt ist, die aufgelösten Stoffe alle in der Mitte zusammengedrängt sind. Wenn man z. B. einer schwachen Auflösung von Kochsalz etwas Lackmus zusetzt, so dass das Wasser eine bläuliche Farbe annimmt, und es dann frieren lässt, so wird man sehen, dass die Farbe sich in die Mitte des Eisklumpens zieht, wo derselbe auch am salzigsten ist. War die Lösung so gesättigt, dass sie nicht durchaus gefrieren konnte, so bleibt in der Mitte eine stärker concentrirte Lösung ungefroren zurück.

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, vom Wasser in einer Art Suspension, welche einer Auflösung gleicht, erhalten zu werden, wie z. B. die Bestandtheile der Milch und der Pflanzenemulsionen. Einige in Wasser unauflösliche Materien vermischen sich auf diese Art mit reinem Wasser, aber nicht mit Salzauflösungen. Es ist mit gewissen unaufgelösten oder gefällten Körpern der Fall, dass sie sich beim

Filtriren, wenn die salzhaltige Flüssigkeit durchgegangen ist und man reines Wasser aufgegossen hat, mit diesem vermischen und durch das Filtrum gehen. Sie bilden dann eine Art von Auflösung, welche bei stark durchfallendem Lichte durchsichtig, in der Reflection aber opalisirend ist, und in dieser Auflösung ähnlichen Suspension bleiben sie. Durch Zusatz einer Salmiakauflösung werden sie wieder gefällt.

Ich habe nicht unsere Vermuthungen über die innere Natur der Auflösung, so wie die Gründe, angeführt, nach welchen wir sie mehr als eine mechanische Erscheinung von veränderter Cohäsion, als eine Folge einer chemischen Verbindung zu betrachten haben. Ich will die Betrachtungen darüber bis zu der allgemeinen Auseinandersetzung der Theorie der unorganischen Chemie aufschieben.

Lässt man eine Auflösung eines festen Körpers in Wasser, oder in einer anderen flüchtigen Flüssigkeit stehen, so verdunstet das Flüssige davon, nach den oben angeführten Gesetzen, und die Lösung wird dadurch allmählig immer mehr und mehr gesättigt, bis endlich ein Theil des festen Körpers sich wieder absetzt und dabei eigene regelmässige Gestalten annimmt, die man Krystalle nennt.

Krystallisation entsteht bei den meisten Körpern, welche aus der flüssigen Gestalt in die feste übergehen. Der grösste Theil der geschmolzenen Körper nimmt beim langsamen Abkühlen Krystallform an, wie ich schon beim Schwefel erwähnt habe und beim Krystallisiren der verschiedenen Metalle zeigen werde. Je langsamer die Abkühlung erfolgt, desto deutlicher und grösser werden die Krystalle.

Aber auch wenn feste Körper in irgend einer Flüssigkeit aufgelöst sind, schiessen sie daraus in Krystallen an, wenn die Flüssigkeit erkaltet oder verdunstet. Wenn man z. B. kochendheisses Wasser auf zerstossenen Salpeter giesst, das Gemenge so lange umrührt, als noch Salpeter aufgelöst wird, sodann die Lösung abgiesst und bei völliger Ruhe langsam erkalten lässt, so krystallisirt daraus derjenige Antheil des Salpeters, welchen das kochendheisse Wasser mehr, als das abgekühlte, aufgelöst enthalten konnte.

Dasselbe geschieht, wenn man eine nicht völlig gesättigte Auflösung über Feuer so lange abdunstet, bis ein Theil des Wassers verflüchtigt ist, und dieselbe dann langsam er-

kalten lässt; der Theil des Aufgelösten schiesst in Krystallen an, der sich zwar in der kochenden Lösung erhalten konnte, in der erkalteten sich aber nicht mehr aufgelöst zu erhalten vermochte. Wenn man eine solche Auflösung abdunsten will, kann man das Einkochen so lange fortsetzen, bis sich ein Salzhäutchen auf der Oberfläche zeigt, welches andeutet, dass so viel Wasser verdunstet ist, dass das kochendheisse nicht mehr alles aufgelöst erhalten kann, oder bis ein Tropfen, den man auf kaltes Blech fallen lässt, kleine Krystalle giebt. Man lässt sodann die Lösung auf einer kühlen Stelle ruhig zum allmähligen Anschiessen stehen. Den nicht krystallisirten Rückstand nennt man die Mutterlauge; er kann durch abermalige Verdunstung von Neuem zum Krystallisiren gebracht werden, und wenn das aufgelöste Salz rein war, kann man damit bis zum letzten Tropfen fortfahren. Die Körper, welche im kalten und warmen Wasser beinahe einen gleichen Grad von Löslichkeit haben, krystallisiren nicht durch Abkühlung, sondern bloss durch fortgesetzte Abdunstung; von dieser Art sind das Chlornatrium (Kochsalz), der schwefelsaure Kalk (Gyps) und einige andere.

Ure machte die Beobachtung, dass in einer krystallisirenden Flüssigkeit, wenn man dieselbe der Ausladung der elektrischen Säule aussetzt, die Krystallisation allemal am negativen Leiter ihren Anfang nimmt. Indessen ist es noch ungewiss, ob die elektrische Vertheilung hierbei einen anderen Einfluss hat, als den, dass die freiwerdende Säure, welche in den meisten Fällen die Löslichkeit der Salze im Wasser vermehrt, das Anschiessen der Krystalle auf der positiven Seite verhindert. Es ist überdiess bekannt, dass in Lösungen von Salzen mit alkalischer Basis ein Ueberschuss von letzterer zur Beförderung des Krystallisirens beiträgt.

Je langsamer die Krystallisation vor sich geht, desto grösser und deutlicher werden die Krystalle, und umgekehrt, je schneller desto kleiner und undeutlicher. Am besten und vollkommensten erhält man die Krystalle, wenn die Lösung, sich selbst überlassen, nach mehreren Wochen allmählig verdunstet. Die Grösse und Regelmässigkeit der Krystalle kann auch zuweilen durch gewisse andere Umstände befördert werden. So erhält man z. B. ungewöhnlich grosse und deutliche Krystalle vom Salpeter, wenn man ihn in kochend-

heissem Kalkwasser auflöst, welches jedoch auf andere Salze keine ähnliche Wirkung thut. Auch Ruhe trägt zu einer langsamen und regelmässigen Krystallisation bei, Bewegung hingegen beschleuniget dieselbe zwar, macht aber, dass die Krystalle klein und undeutlich werden. Daher pflegt man z. B. beim Zuckersieden, wo eine schnelle und körnige Krystallisation der eingekochten Zuckerauflösung beabsichtigt wird, sobald dieselbe in die Zuckerhutformen hineingegossen ist, sie stark und oft umzurühren; will man hingegen den Zucker in deutlichen Krystallen anschiessen lassen, wie beim sogenannten Kandiszucker, so lässt man die Zuckerauflösung weniger stark einkochen und dann auf einer sehr warmen Stelle stehen, wo das Wasser allmählig verdunstet und der Zucker aus seiner Auflösung langsam anschiesst.

Wenn feste Körper, z. B. dünne Holzstäbchen, Fäden u. d. m., in eine krystallisirende Lösung gebracht werden, so setzen sich die Krystalle an dieselben an, so dass sie gleichsam den Kern der Krystallrinde bilden. Daher sieht man im Kandiszucker Fäden quer durch die Krystallmasse gehen, die in das Gefäss eingehängt worden sind, um den Zucker daran anschiessen zu lassen; und auf Vitriolwerken steckt man in die eingekochte Vitriol-Lösung kleine Stäbe, an welche die Krystalle sich ansetzen und womit sie zugleich herausgenommen werden können.

Dieser Umstand, dass Salze sich besonders leicht an feste Körper ansetzen, die sich zufällig in der Lösung befinden, veranlasst eine schwere Krankheit bei Menschen und Thieren, den Stein, nämlich die Bildung von Steinen in der Harnblase, den Gedärmen und anderen Eingeweiden. Der Urin z. B. enthält eine Menge aufgelöster Stoffe, die zum Theil schwer löslich und leicht krystallisirbar sind; setzt sich nun zufällig irgend ein festes Körperchen in der Blase ab, so fangen diese Stoffe, ehe noch der Urin herausgelassen wird, an, sich krystallinisch daran anzusetzen, und bilden so einen Stein, der fortdauernd zunimmt. Wenn man nach dem Tode des Kranken, oder durch chirurgische Operation den Stein herausnimmt und zerschlägt, so findet man in dessen Mittelpunkte den festen Körper als einen kleinen Kern.

Wenn man in eine Salzlösung einen Krystall gleicher Art bringt, so wird dadurch, vermöge der Zusammenhangs-

Verwandtschaft, das Anschiessen noch mehr befördert, und man kann aus einer Flüssigkeit, die zwei Salze aufgelöst enthält, nach Belieben das eine von diesen Salzen allein krystallisiren lassen, wenn man einen Krystall von diesem Salze hineinbringt. Wenn man z. B. 2 Theile salpetersaures Kali (Salpeter) und 3 Theile schwefelsaures Natron (Glaubersalz) in 5 Theilen lauwarmen Wassers löst, die Lösung in zwei Flaschen giesst, die davon völlig gefüllt werden, und dann in die eine einen Salpeter-, in die andere aber einen Glaubersalzkrystall bringt, nachher die Flaschen in schneegemengtes Wasser stellt, so schiesst in der einen nur Salpeter, in der andern nur Glaubersalz an. Man benutzt diesen Umstand, um schon gebildete Krystalle zu vergrössern, indem man dieselben entweder in eine heisse und gesättigte Auflösung legt und diese sehr langsam erkalten lässt, oder indem man sie in eine bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Auflösung legt und diese zum freiwilligen Verdunsten hinstellt. Auf diese Weise geht die Krystallisation mit hinreichender Langsamkeit vor sich, um den krystallisirenden Salztheilchen Zeit zu gestatten, sich an die schon gebildeten Krystalle parallel anlegen zu können und sie so zu vergrössern. Geschieht dagegen die Krystallisation rasch, so setzen sich die neu entstehenden Krystalle ohne Ordnung auf die grösseren.

Die Ursache, warum bei langsamer Krystallisation die Theilchen des aufgelösten Körpers sich nicht überall, sondern hauptsächlich nur am Boden absetzen, liegt darin, dass, so wie sich ein Krystalltheilchen absetzt, die Auflösung an diesem Punkte leichter wird und emporsteigt, und ihr Raum von einem andern, gesättigteren Theil eingenommen wird, der ebenfalls einen Theil des aufgelösten Körpers absetzt und alsdann, dem vorhergehenden folgend, in die Höhe steigt. Darum erblickt man auch, wenn man quer durch eine im Krystallisiren begriffene Flüssigkeit sieht, eine beständige Bewegung in derselben, und von der Spitze eines jeden Krystalls aus eine aufwärts steigende Strömung.

Ein grosser Theil der Krystalle, welche aus Wasser anschiessen, verbindet sich mit einer grösseren oder geringeren Menge desselben; dieses Wasser geht in fester Gestalt in die Zusammensetzung der Krystalle ein. Dieses Wasser nennt man **Krystallwasser**. Manche Krystalle ent-

halten viel Wasser, z. B. Alaun, Glaubersalz u. s. w. Andere enthalten dagegen gar keines, wie z. B. schwefelsaures Kali, Kochsalz, Salpeter. Ein Salz, welches sich mit Krystallwasser vereinigt, nimmt stets ein bestimmtes Verhältniss davon auf, wie ich bei der Uebersicht der Gesetze für die Zusammensetzung der unorganischen Natur zeigen werde; ich bemerke hier nur vorläufig, dass der Sauerstoff des Wassers beinahe immer ein Multiplum oder Submultiplum nach einer ganzen Zahl von dem Sauerstoffe der Salzbasis (d. h. des Alkali's, der Erde oder des Metalloxyds) ist, welches im Salze enthalten. Manche Salze können sich mit verschiedenen Antheilen Wassers verbinden, nehmen dann aber auch verschiedene Gestalten an. Andere hingegen können sowohl mit, als ohne Wasser krystallisiren; die Grundgestalt ihrer Krystalle ist aber dann ebenfalls verschieden. Solcher ungleicher Gehalt an Krystallwasser bei einem und demselben Salze entsteht, wenn man die Auflösung derselben bei verschiedenen Temperaturen krystallisiren lässt. Manche Salze krystallisiren bei höherer Temperatur ohne Krystallwasser, bei niederer aber mit Wasser; so z. B. das schwefelsaure Natron und das Kochsalz. Ersteres krystallisirt bei + 30° ohne, und bei + 10° mit Krystallwasser; das Kochsalz nimmt bei gewöhnlicher Temperatur kein Wasser auf, dagegen eine bedeutende Proportion bei — 10°.

Alle Krystalle, welche aus Flüssigkeiten anschiessen, enthalten aber, ausser dem Krystallwasser, noch etwas mechanisch eingeschlossene Mutterlauge, wodurch das krystallisirte Salz mehr oder weniger unrein wird, je nachdem die Mutterlauge mehr oder weniger fremde Beimengungen enthält. Hierauf gründet sich die Nothwendigkeit, die Salze durch wiederholtes Auflösen und Krystallisiren zu reinigen. Je grösser ein Krystall ist, desto mehr Mutterlauge kann er in seinen Poren einschliessen, und umgekehrt. Man hat es daher vortheilhaft gefunden, manche Substanzen, z. B. Salpeter, Alaun, Zucker u. dergl. m., durch schnelles Abkühlen und stetes Umrühren in kleinen Körnern anschiessen zu lassen, die keine bedeutende Menge Mutterlauge einschliessen können.

Gewisse Salze haben die Eigenschaft, dass sie bei schnel-

ler Erhitzung verknistern und umherspringen, was man **decrepitiren** nennt. Die Ursache davon ist, dass das mechanisch eingeschlossene Wasser Gasgestalt annimmt und die Krystalle zersprengt. Das Wasser, welches auf diese Weise fortgeht, ist niemals Krystallwasser, denn dieses reisst sich zuerst auf der Oberfläche los, und hinterlässt hier hinlängliche Oeffnungen für das nachfolgende. Sehr wenige decrepitirende Salze enthalten Krystallwasser, wiewohl es nicht an Beispielen von Salzen mit Krystallwasser fehlt, welche verknistern. Dergleichen sind z. B. das essigsaure Kupferoxyd, der krystallisirte Brechweinstein u. a. Bei einer Temperatur, welche noch nicht hinreichend ist, das mit dem Krystall chemisch gebundene Wasser zu befreien, nimmt das mechanisch eingeschlossene schon Gasgestalt an und zersprengt die Krystalle gewaltsam.

Zwischen der Art und Weise, wie das Wasser sich mit anderen Körpern in der Gestalt von Krystallwasser verbindet, und der, wie feste Körper im Wasser sich zu einer flüssigen Masse auflösen, findet ein sehr wesentlicher Unterschied statt. Man kann das letztere mehr als eine mechanische Erscheinung betrachten, wobei die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers durch eine Kraft, die zuverlässig ebenfalls auch eine Art von chemischer Verwandtschaft ist, sich zwischen die kleinsten Theilchen des Wassers hineinschieben, so dass sie alle in gleicher Entfernung von einander zu liegen kommen. Dadurch werden die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers über ein grösseres Volumen ausgebreitet, und je weiter dieselben darin von einander entfernt werden, desto mehr Wärmecapacität gewinnt der aufgelöste Körper, desto mehr sinkt die Temperatur, und desto mehr Kälte entsteht, im Vergleich mit der Menge des Aufgelösten. Wenn sich hingegen ein Körper mit Krystallwasser verbindet, so entsteht dabei, wie bei allen chemischen Verbindungen, Wärme, und die Temperatur erhöht sich oft sehr bedeutend. Daher wird immer Wärme erzeugt, wenn man eine sehr geringe Menge Wassers auf ein Salz giesst, welches sein Krystallwasser verloren hat; giesst man aber mehr Wasser zu, und die Auflösung nimmt ihren Anfang, so entsteht Kälte.

Die Benennung **Krystallwasser** ist übrigens wenig

passend. Viele im Wasser aufgelöste Körper enthalten solches Wasser in grosser Menge, selbst wenn sie nicht krystallisirt sind und in Pulverform niedergeschlagen werden, z. B. kohlensaure Talkerde und die meisten unlöslichen Erd- und Metallsalze; besser ist die Benennung: chemisch-gebundenes Wasser, ob sie gleich länger ist. Körper, welche Wasser chemisch binden können, sind desshalb nicht immer im Wasser löslich, wie diess der Fall mit den eben angeführten Salzen ist; andere hingegen können kein Wasser binden, werden aber leicht davon aufgelöst, wie z. B. Salpeter, Kochsalz u. m. a.

Gewisse Krystalle verlieren in trockener Luft nach und nach ihr chemisch gebundenes Wasser und werden entweder undurchsichtig, milchweiss mit Beibehaltung ihrer Form, wenn sie weniger Wasser enthalten, oder zerfallen, wenn der Krystallwassergehalt sehr gross ist, zu einem weissen, undurchsichtigen Mehle, wie Glaubersalz, kohlensaures Natron u. m. a. Diess nennt man verwittern, fatisciren. Wenn man solche Krystalle erhitzt, so schmelzen sie anfangs in ihrem Krystallwasser, trocknen aber dann während der Verdunstung des Wassers ein, und schmelzen nachher erst bei dem zum Schmelzen des wasserfreien Salzes erforderlichen höheren Hitzegrad. Wenn man auf ein solches verwittertes Salz so viel Wasser giesst, als es zum Krystallwasser bedarf, so verbindet es sich damit, und wird, nach längerer oder kürzerer Zeit, zu einer harten halbdurchsichtigen Masse. Das schwefelsaure Natron z. B. enthält auf 100 Theile 57 Theile Krystallwasser; lässt man es verwittern und mengt es dann nach diesem Verhältnisse mit Wasser, oder 2 Theile Salz mit 3 Theilen Wasser, so erhält man nach kurzer Zeit eine feste Masse, wobei sich die Wärme des Wassers langsam entwickelt. Darauf gründet sich z. B. die Darstellung der Gyps-Figuren. Man erhitzt nämlich den Gyps so, dass er sein Krystallwasser verliert, pulvert ihn dann fein, rührt ihn mit Wasser zu einem Breie, und giesst diesen in die Formen, wo er nach einer Weile erhärtet, indem er Wasser chemisch bindet und die Masse lauwarm wird.

Verschiedene andere Körper, besonders solche, die eine so starke Verwandtschaft zum Wasser haben, dass sie schwer zum Krystallisiren gebracht werden können, besitzen die

ganz entgegengesetzte Eigenschaft, in der Luft feucht zu werden, zu deliquesciren. Wenn die Verwitterung daher entsteht, dass das Krystallwasser in der trockenen Luft verdunstet, so rührt das Deliquesciren daher, dass das Salz, vermöge seiner Verwandtschaft zum Wasser, das der Luft beigemengte Wassergas als tropfbarflüssiges Wasser niederschlägt und sich darin löst.

So wie bei Lösungen Wärme gebunden wird und Kälte entsteht, so wird auch bei jeder Krystallisation Wärme erzeugt, weil sowohl der aufgelöste Körper, als das Krystallwasser, bei Annahme der festen Gestalt die Wärme, die sie flüssig erhielt, frei werden lassen. Diess sieht man zuweilen an Lösungen von Alaun, essigsaurem Natron u. m. Salzen, die unter gewissen Umständen bei vollkommener Ruhe nicht krystallisiren, ungeachtet sie mehr als hinreichend abgedunstet sind; schüttelt man aber die Lösung um, so schiesst sie fast auf einmal an und wird dabei durch die von den anschiessenden Krystallen freiwerdende Wärme erwärmt.

Ein grosser Theil der krystallisirten Mineralien, welche wir aus dem Schoosse der Erde hervorholen, bildet sich auf die Weise, dass Wasser, welches ihre Bestandtheile entweder aufgelöst, oder in der feinsten mechanischen Zertheilung zusammengeschlämmt enthält, ganz allmählig und tropfenweise darüber hinfliesst, wobei sich jene Stoffe absetzen und bei ihrer langsamen Aneinanderhäufung regelmässige Krystallgestalten annehmen. In diesen Krystallen findet man daher, wie in den Salzen, sehr oft Krystallwasser. Wenn man Mineralien dieser Art in einer Retorte glüht, so geht dieses Wasser in Dämpfen über und kann in der Vorlage gesammelt werden. Fast alle Mineralien enthalten, wie die künstlich dargestellten Salze, eine Portion mechanisch eingeschlossenes Wasser, von $\frac{1}{2}$ bis zu 1 Procent ihres Gewichts.

Manche Salze haben die Eigenschaft, oberhalb ihrer Auflösung, an den obersten Rändern der Gefässe, worin sie aufbewahrt werden, in Gestalt körniger Auswüchse anzuschiessen. Diess nennt man effloresciren. Die Salze, welche sich darin am meisten auszeichnen, sind saures schwefelsaures Kali, benzoesaures Ammoniak, kohlensaures Natron, schwefelsaures Zink u. m. a. Diese Efflorescenzen bilden

sich auf die Weise, dass die Lösung an den Wänden des Gefässes verdunstet und ein kleines Salzkorn hier anschiesst; zwischen diesem Korne und dem Gefässe saugt sich dann wieder etwas weniges von der Lösung ein, welches abermals verdunstet und ein neues Korn neben dem ersten ansetzt. Zwischen denselben zieht sich nun immer mehr von der Lösung in die Höhe, und es bilden sich immer neue Ansätze, so lange die auswachsende Efflorescenz ihre eigene Schwere ertragen kann. Eine leichte Art, schöne Efflorescenzen zu erhalten, ist, wenn man in eine etwas concentrirte Lösung von saurem schwefelsauren Kali ein Stäbchen von Kiefern- oder Tannenholz stellt. Die Flüssigkeit saugt sich da in die, nach der Länge laufenden Fasern des Holzes ein, und fängt in Kurzem an, am oberen Ende desselben eine sehr schöne Vegetation zu bilden. Eben so findet man oft an alten Mauern kohlensaures Natron in Gestalt eines ästigen Pilzes ausgewittert.

Auflösung der Gase in Flüssigkeiten.

Nachdem ich im Vorhergehenden von der Lösung fester Körper gehandelt habe, werde ich noch einige Worte von der Vereinigung der Gase mit tropfbar-flüssigen Körpern anführen. Diese Vereinigung ist von doppelter Art; entweder saugt nämlich das Wasser bedeutend mehr, als sein eigenes Volumen, von dem Gase ein, und das Gas verliert einen grossen Theil seiner gebundenen Wärme, wodurch die Flüssigkeit mehr oder weniger erwärmt wird, oder das Wasser saugt nur ein gleiches Volumen Gas, oder noch weniger ein, wobei die Wärme des Gases nicht frei wird. Im ersten Falle ist es eine wirkliche chemische Vereinigung, eine Verbindung des Gases mit Wasser; so wird z. B. Chlorwasserstoffsäuregas oder Ammoniakgas im Wasser gelöst. Im letzteren Falle hat man es betrachtet als ein mechanisches Einschieben des Gases in die Poren des Wassers, die es, wie jeden unausgefüllten Raum, nach und nach durchdringt. In diesem Falle befinden sich das Kohlensäuregas, Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, und die meisten übrigen Gasarten.

Ob wirklich in der Art, wie diese ungleich löslichen Gasarten von Wasser aufgenommen werden, eine innere

Verschiedenheit statt finde, ist uns unbekannt, und wir müssen es unausgemacht lassen, ob nicht etwa in Hinsicht der verschiedenen Grade ihrer Löslichkeit ungefähr ein ähnlicher Unterschied statt finde, wie bei den festen Körpern, von welchen manche in grosser Menge, andere nur in geringerer Menge vom Wasser aufgenommen werden. Dalton glaubte ein bestimmtes Verhältniss aufgefunden zu haben, in welchem die Gasarten von dünnflüssigen Liquidis aufgenommen würden, welchen er sämmtlich ein gleiches Absorptionsvermögen zuschrieb. Dieses Verhältniss betrug, nach seiner Meinung, entweder ein gleiches Volumen mit der Flüssigkeit, oder $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{125}$ von dem Volumen derselben, welche Zahlen die Cubikzahlen von $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{5}$ sind. Die Ursache davon konnte er, seinem eigenen Geständnisse nach, nicht einsehen, wollte aber doch diese Verhältnisse durch Versuche wirklich aufgefunden haben. Spätere Untersuchungen haben jedoch dargethan, dass diese Angaben mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

Die besten und fast einzigen Versuche von wahrhaft wissenschaftlichem Werthe, welche wir über das Einsaugen der Gase in Flüssigkeiten besitzen, sind die, welche Saussure d. J. angestellt hat. Er fand, dass Dalton sich geirrt habe, und es ist, nach seinen Versuchen, höchst wahrscheinlich, dass das Einsaugen der Gasarten vom Wasser eine ganz analoge Erscheinung mit der Absorption derselben von porösen festen Körpern (z. B. Kohle) sei. Saussure bediente sich zu seinen Versuchen eines luftfreien Wassers, und fand, dass die Luft durch ein, mehrere Stunden lang fortgesetztes Kochen, zwar nicht absolut, aber doch fast gänzlich daraus vertrieben werden könne. Dasselbe geschieht auch bei anderen Flüssigkeiten, wiewohl die Luft in sofern weniger vollkommen aus ihnen vertrieben wird, als sie bei verhältnissmässig niederer Temperatur kochen, so dass Alkohol und Aether weniger von der Luft befreit werden können, als das Wasser. Auch unter der Luftpumpe lässt sich die Luft ausziehen, doch weniger vollkommen, als durch Kochen.

Saussure befreite mehrere Flüssigkeiten so vollkommen als möglich von der Luft, und untersuchte dann ihr Vermögen, verschiedene Gasarten einzusaugen. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten, welche von der Voraus-

setzung ausgeht, dass 100 Volumina oder Maasstheile der Flüssigkeit angewandt worden sind; die leeren Stellen deuten an, dass hier keine Versuche angestellt worden sind.

Absorbirte Gasarten.	Wasser.	Gesättigte Lösung v. Kochsalz.	Alkohol.	Bergnaphtha.	Lavendelöl.	Baumöl.
Schwefligsäuregas	4378,0	—	11577,0	—	—	—
Schwefelwasserstoffgas	253,0	—	606,0	—	—	—
Kohlensäuregas	106,0	67,0	186,0	169	191	151
Stickoxydulgas	76,0	29,0	153,0	254	275	150
Oelbildendes Gas	15,5	10,0	127,0	261	209	122
Sauerstoffgas	6,5	—	16,25	—	—	—
Kohlenoxydgas	6,2	5,3	14,5	20	15,6	14,2
Wasserstoffgas	4,6	—	5,1	—	—	—
Stickgas	4,2	—	4,2	—	—	—

Aus diesen Untersuchungen ersehen wir, dass die Capacität der verschiedenen Flüssigkeiten für ein und dasselbe Gas verschieden sei, und dass dieselben nicht, wie **Dalton** glaubte, einerlei Einsaugungs-Vermögen besitzen. Eben so wenig sind die Mengen der verschiedenen Gasarten, welche von den verschiedenen Flüssigkeiten eingesogen werden, unter einander proportional. Hieraus scheint also zu folgen, dass die Zusammensetzung einer Flüssigkeit auf ihr Absorptions-Vermögen einen wesentlichen Einfluss habe, welcher entweder in der Verschiedenheit der Verwandtschaften, oder in der verschiedenen Gestalt der kleinsten Theilchen und der daraus entstehenden Verschiedenheit ihrer Zwischenräume, in welche die Gase sich eindrängen und zusammengedrückt werden, seinen Grund haben möchte. Wasser, worin Kochsalz aufgelöst ist, hat einen grossen Theil seines Vermögens, Gasarten einzusaugen, verloren, und diess ist, wie wir weiter unten sehen werden, verschieden, je nachdem verschiedenartige Salze im Wasser aufgelöst sind. Sehr wenige Ausnahmen abgerechnet, ist es der Fall, das je leichtlöslicher ein Salz ist, und je mehr sich also davon in ein ge-

gebenes Volumen Wasser eindrängen kann, das Vermögen des Wassers, Gas einzusaugen, desto mehr vermindert wird, so dass dieses Einsaugungs-Vermögen in demselben Verhältnisse abnimmt, als das specifische Gewicht der Lösung zunimmt.

Zähe und breiartige Flüssigkeiten saugen nicht weniger Gas, als dünnflüssige, ein; allein die Einsaugung geht desshalb langsam von statten, weil sich das Gas langsamer durch die ganze Masse gleichförmig verbreitet. Im Allgemeinen hat ein Liquidum desto grössere Capacität für Gase, je geringer sein specifisches Gewicht ist, daher es den Anschein gewinnt, als beruhe das Einsaugungs-Vermögen einzig und allein auf der Porosität der Flüssigkeit, die bei leichteren weit grösser sein muss, als bei schwereren Flüssigkeiten. Da das Einsaugungs-Vermögen der Flüssigkeiten vermindert wird, wenn feste Körper in ihnen aufgelöst sind, so scheint es, als ob diese festen Körper die Poren ausfüllten, in welche sich sonst die Gasarten eindrängen würden. Daraus könnte man wieder den Schluss ziehen, dass das Einsaugen der Gase und die Auflösung fester Körper, ihrem inneren Verlaufe nach, eine und dieselbe Naturerscheinung sei, und dass der Unterschied nur darin liege, dass die einen feste Gestalt aus der Auflösung anzunehmen, die anderen aber in Gasgestalt aus ihr zu entweichen streben.

Was das relative Einsaugungs-Vermögen der verschiedenen Flüssigkeiten anbelangt, so fand Saussure, dass die Kohlensäure von folgenden Flüssigkeiten in den beigefügten Verhältnissen absorbirt wird:

Namen der Flüssigkeiten.	Spec. Gewicht	Ein Volumen der Flüssigkeit nimmt den Procenten nach Kohlensäure auf.	100 Theile der Auflösung im Wasser enthalten:
Alkohol	0,803	260	
Schwefeläther	0,727	217	
Lavendelöl	0,88	191	
Thymianöl	0,89	188	
Weingeist	0,84	187	
Bergnaphtha	0,784	169	
Terpenthinöl	0,86	166	
Leinöl	0,94	156	
Baumöl	0,915	151	
Wasser	1,000	106	
Salmiak	1,078	75	27,53 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Arabisches Gummi	1,092	75	25 Gummi.
Zucker	1,104	72	25 Zucker.
Alaun	1,047	70	9,14 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Schwefelsaures Kali	1,077	62	9,42 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Chlorkalium	1,168	61	26 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Schwefelsaures Natron.	1,050	58	11,14 geglühtes Salz, gesätt. Auflös.
Salpetersaures Kali	1,139	57	20,6 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
— Natron	1,206	45	26,4 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Schwefelsäure	1,840	45	
Weinsäure	1,285	41	53,37 kryst. Salz, gesätt. Auflösung.
Chlornatrium	1,212	32,9	29 Salz, gesätt. Aufl.
Chlorcalcium	1,402	26,1	40,2 geglühtes Salz, gesätt. Auflös.

In einer verkorkten Flasche wird, nach Dalton's Ansichten, das Verhältniss des uneingesogenen und des in das Wasser eingegangenen Gases nicht verändert, die Temperatur mag wechseln, wie sie will, sobald sie nicht unter 0° fällt und

und nicht über + 100° steigt. Hieraus folgt, dass jedes Gas nur durch den Druck im Wasser zurückgehalten wird, welchen dieselbe Gasart auf die Oberfläche des Wassers ausübt, und dass kein anderes Gas in dieser Hinsicht einen fortdauernden Einfluss darauf hat. Wird die auf die Oberfläche des Wassers drückende Masse des Gases unter Beibehaltung desselben Volumens vermehrt, so nimmt auch die Masse des eingesogenen Gases in demselben Verhältnisse zu. Wenn z. B. in einer Compressions-Maschine Wasser mit seinem dreifachen Volumen Kohlensäuregas vereinigt wird, so ist das Gas in der Maschine zu einem dreimal geringeren Volumen zusammengedrückt, als es vorher einnahm, so dass das Wasser, im Verhältniss der Dichtigkeit des über seiner Oberfläche stehenden Gases, dennoch nicht mehr als ein gleiches Volumen Kohlensäuregas aufgenommen hat.

Wenn Wasser, das mit einer Gasart, z. B. mit Sauerstoffgas, imprägnirt ist, mit einem anderen Gase umgeschüttelt wird, zu welchem jene Gasart eine chemische Verwandtschaft besitzt, z. B. mit Stickoxydgas, so saugt es mehr davon ein, als es sonst aufgenommen haben würde.

Wenn Wasser, welches mit einem Gase imprägnirt ist, mit einem anderen, zu welchem jenes keine chemische Verwandtschaft hat, umgeschüttelt wird, so treibt das letztere einen Theil des aufgenommenen Gases aus. Die Menge des ausgetriebenen Gases richtet sich nach der verschiedenen Löslichkeit desselben im Wasser; ein wenig lösliches Gas treibt grosse Quantitäten eines stark löslichen aus, und umgekehrt; ein sehr lösliches Gas wird in grosser Menge absorbirt, während von dem minder löslichen eine geringe Menge ausgetrieben wird. Wenn z. B. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser mit Stickgas umgeschüttelt wird, so nimmt das Wasser nur einen sehr geringen Theil von diesem auf, verliert aber sehr viel von seinem Kohlensäuregas; ist das Wasser hingegen mit Stickgas gesättiget und wird mit Kohlensäuregas umgeschüttelt, so saugt es eine grosse Menge von diesem ein, während von dem Stickgase nur wenig ausgetrieben wird, und diess erreicht seine volle Höhe, wenn das Gasgemenge über dem Wasser mit dem im Wasser in ein gewisses Gleichgewicht gekommen ist, welches theils vom ungleichen Absorptions-Vermögen des Wassers gegen die

beiden Gasarten, theils von den Verhältnissen, in welchen diese mit einander gemengt sind, abhängig ist.

Bei Untersuchung des Verhaltens der Gase zum Wasser findet man einen Umstand, welcher keine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, nämlich, dass das Gas, womit das Wasser in Berührung kommt, durch Einmengung von Wassergas stets ein gemengtes Gas wird, und dass folglich, wenn die Temperatur erhöht wird, das Verhältniss, in welchem das Gas vom Wasser absorbirt wird, durch Beimengung grösserer Mengen Wassergases verändert wird. In einem verschlossenen Gefässe, in welchem der Druck die Tension des Wassers verhindert, sich proportional mit der Temperatur zu vermehren, wird der Unterschied von dem Volumen eines Gases, welches das Wasser bei einer niedrigen Temperatur aufgenommen hat, weniger bedeutend, aber immer bemerkbar. In ausdehnbaren Gefässen dagegen, in welchen das Wassergas Raum hat sich auszudehnen, wird die Menge des absorbirten Gases in einem zunehmenden Verhältnisse mit der Temperatur in dem Grade vermindert, als es eben sowohl innerhalb als über dem Wasser mit Wassergas vermengt wird. Wird desshalb ein Wasser, welches z. B. mit Kohlensäuregas gesättigt ist, in einem Gasentwickelungsapparate (in welchem das über dem Wasser stehende Gas ebenfalls Kohlensäuregas ist) erhitzt und das Gas aufgefangen, so entweicht auf jeden Grad, um welchen die Wärme des Wassers erhöht wird, mehr Kohlensäuregas, als der Ausdehnung des Gases durch die erhöhte Temperatur entspricht, und ist das Wasser dem Kochpunkte nahe gekommen, so ist schon das meiste Gas entwichen. Das Wasser ist indess nun eben so wie zuvor mit Gas gesättigt, aber ein Gemenge von viel Wassergas mit sehr wenig Kohlensäuregas ersetzt nun das Kohlensäuregas. Wird das Erhitzen bis zum Kochen fortgesetzt, so führt endlich das Wassergas das Kohlensäuregas vollständig mit fort, und das Wasser enthält dann nur Wassergas. Die Capacität des Wassers für sein eigenes Gas ist unbekannt und schwer auszumitteln, dass es aber dasselbe in seine Zwischenräume wie andere Gase aufnimmt, geht daraus hervor, dass im entgegengesetzten Falle die Wirkung einer erhöhten Temperatur auf ein gashaltiges Wasser keine andere sein würde, als die, so viel Gas auszujagen, als dem durch die Wärme vergrösserten

Volumen des Gases entspricht; in Folge dessen ein Wasser, welches 100 Cubikzoll Kohlensäuregas bei 0° enthält, bei + 100° 37½ Cubikzoll, bei 100° gemessen (oder 27¼ Cubikzoll, bei 0° gemessen) abgegeben haben, und das Uebrige in der Flüssigkeit zurückgeblieben sein würde.

Das Wasser kann eben so wenig gleiche Mengen von zwei gemengten Gasarten aufnehmen, als wenn es mit jeder für sich umgeschüttelt wird; vielmehr beruht die Capacität desselben für Gasgemenge einzig und allein auf den verschiedenen Graden von Löslichkeit der Gase im Wasser und auf dem Verhältnisse, in welchem sie gemengt sind, ehe sie mit der Oberfläche des Wassers in Berührung kommen. Wenn man sich vorstellt, dass Wasser mit einem Gemenge in Berührung kommt, welches aus zwei Gasarten von gleicher Löslichkeit und gleichem Volumen besteht, so wird das Wasser von jedem dieser Gase halb so viel aufnehmen, als es von einem derselben allein aufgenommen haben würde, also von beiden zusammen ein eben so grosses Volumen, als sonst von einem einzigen derselben. Sind aber die Volumina der Gase verschieden, so bleiben auch die relativen Volumina der eingesogenen Gase hiernach proportional. War das eine dieser Gase doppelt so löslich, als das andere, so wird das Wasser von jenem nur ⅔, von diesem aber nur ⅓ der vollen Quantität einsaugen; und waren ungleiche Volumina der Gasarten mit einander gemengt, so werden die eingesogenen Mengen derselben ihrem relativen Volumen proportional sein.

Kommt das Wasser mit mehr als zwei Gasarten in Berührung, so treten dieselben Gesetze ein, nur wird die Berechnung der relativen Verhältnisse der Gasmengen, welche von jedem Gase aufgenommen werden, verwickelter.

Alle Quellwasser, mit Ausnahme derjenigen, welche Schwefelwasserstoff, oder Eisen enthalten, alle fliessende Wasser, Meerwasser, Regen- und destillirtes Wasser enthalten eine gewisse Menge atmosphärischer Luft, welche nach Saussure 5 bis 5¼ Procent vom Volumen des Wassers ausmacht, und in welchem verhältnissmässig mehr Sauerstoff-, als Stickgas, im Vergleich gegen die gewöhnliche atmosphärische Luft, enthalten ist, weil das Sauerstoffgas im Wasser leichter löslich ist, als das Stickgas. Nach Gay-Lussac und Humboldt enthält die atmosphärische Luft, welche

durch das Kochen aus dem Wasser getrieben wird, von 31 bis 32,8 Procent Sauerstoffgas, so dass das Wasser 1,6 Procent seines Volumens Sauerstoffgas und 3,4 Procent Stickgas enthält. Stillstehende Wasser hingegen und solche, die man längere Zeit in Holzgefässen aufbewahrt, enthalten kein Sauerstoffgas, weil dasselbe, in dem Verhältnisse, wie es das Wasser einsaugt, von den darin faulenden Stoffen immer wieder verzehrt wird. Dagegen hat solches Wasser seinen vollen Gehalt an Stickgas, und wenn man es mit atmosphärischer Luft umschüttelt, so nimmt es aus dieser bloss das Sauerstoffgas auf, welches vollkommen absorbirt und gebunden wird, wenn man das Schütteln lange genug fortsetzt.

Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Digitized by Google

Digitized by Google

3.

8.

A

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

144- N- 4

Digitized by Google